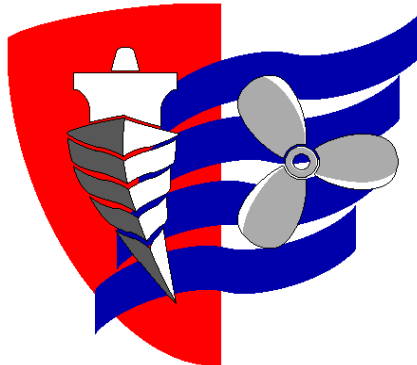


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



*Trabajo Fin de Grado*

## **GRÚA GIRATORIA, FIJA, PARA IZADO DE EMBARCACIONES DE 12 Tm**

---

**FIXED SLEWING CRANE FOR THE LIFTING OF  
12 TONS CRAFTS**

Para acceder al Título de Grado en

**INGENIERÍA MARÍTIMA**

Autor: Felipe Martínez Gutiérrez

Director: Fernando Fadón Salazar

Diciembre - 2018

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

***Trabajo Fin de Grado***

**GRÚA GIRATORIA, FIJA, PARA IZADO  
DE EMBARCACIONES DE 12 Tm**

---

**FIXED SLEWING CRANE FOR THE  
LIFTING OF 12 TONS CRAFTS**

Para acceder al Título de Grado en

**INGENIERÍA MARÍTIMA**

**Diciembre – 2018**



## **RESUMEN**

En el presente proyecto se va a llevar a cabo el diseño de una grúa portuaria giratoria de 360º, de columna fija, para izado de embarcaciones de 12 toneladas en el puerto de Raos (Santander).

Gracias a los 7 metros de alcance de la pluma y los 6,5 metros de altura de la columna se permite una fácil manipulación de las embarcaciones y sus diversos elementos en la ubicación de la grúa.

Es importante remarcar el alto control de seguridad y mantenimiento de este tipo de grúas, ya que debido a su cercanía al ambiente marino y al estar situadas a la intemperie tienen mayor probabilidad de sufrir problemas.

La estructura será tratada con un chorro de arena para eliminar oxidaciones superficiales, aplicándosele posteriormente una capa de imprimación de tipo marino y dos capas de pintura de acabado.

El resultado es una grúa robusta de 12 toneladas que puede competir con las fabricadas por las principales empresas especializadas

## **ABSTRACT**

The upcoming project will carry out the designing of a dock slewing crane of 360°, with a fixed column, for the lifting of 12 tons crafts in the Raos harbour (Santander).

Thanks to the 7 meters jib's range and the 6.5 meters height of the column, the crafts easy handling is allowed as well as the several components of the crane's location.

A high security control and maintenance of this type of cranes must be stressed and emphasized; due to the closeness of these cranes to the marine surroundings, and also owing to the fact that they are located outdoors, there is a higher risk of enduring some issues.

The structure will be coated with a sand-blasting equipment in order to obliterate surface rusting, and consequently applying a primer coat of marine kind and two layers of paint finishing.

The end product is a heavy-duty crane of 12 tons which will be able to rival with those ones manufactured by some of the main specialized companies

## **KEYWORDS**

1. Grúa - Crane
2. Polipasto - Pulley block
3. Motor - Engine
4. Rodamiento - Bearing

## ÍNDICE

<b>1. MEMORIA DEL PROYECTO</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETO	1
1.2 ALCANCE	1
1.3 NORMATIVA APLICABLE.	2
1.4 METODOLOGÍA EMPLEADA NORMATIVA APLICABLE.	2
1.5 UBICACIÓN DEL PROYECTO.	2
1.5.1 Características de la zona.	3
1.5.2 Necesidades.	3
1.6 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA GRÚA.	3
1.6.1 Pluma	4
1.6.2 Columna.	4
1.6.3 Cimentación.	5
1.6.4 Sistema de anclaje,	5
1.7 MECANISMO DE MOVIMIENTO DE LA GRÚA.	5
1.7.1 Mecanismo de traslación y rotación.	6
1.7.2 Mecanismo de giro.	7
1.8 DIMENSIONES PRINCIPALES DE LA GRÚA	7
1.9 PROTECCIÓN AMBIENTAL.	8
1.10 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.	9
1.10.1 Capacidad de carga.	9
1.10.2 Vida esperada de la grúa.	9
1.10.3 Funcionamiento con viento.	9
1.11. CÁLCULOS.	9
1.11.1 Cálculo de la estructura.	9
1.11.2 Determinación de solicitaciones.	11
1.11.3 Resolución de cálculos.	22
1.11.2 Dimensionamiento de la pluma.	26
1.11.3 Dimensionamiento de la columna.	36
1.11.4 Dimensionamiento de la cimentación y el anclaje.	48
1.11.5 Elección del rodamiento de gran diámetro.	74
1.11.6 Mecanismo de elevación y traslación.	82
1.11.7 Conjunto motor-reductor.	86
ANEXO I: ANTECEDENTES.	98
A1.1 EDAD ANTIGUA.	98
A1.2 DE LA POLEA DE CABLE A LA RUEDA DE LA GRÚA.	99
A1.3 IMPULSO DE LA MECÁNICA.	100

A2. LA EDAD MEDIA.....	101
A3. EL VAPOR COMO SISTEMA DE TRACCIÓN.....	103
A4. EL CONGRESO DE PARÍS DE 1889.....	104
A5. LA SEGURIDAD Y EL RUIDO .....	105
A6. EL ALIGERAMIENTO COMO ELEMENTO DE AHORRO ENERGETICO.....	106
ANEXO II: TIPOS DE GRÚA.....	109
A2.1 INTRODUCCIÓN A LAS GRÚAS.....	109
A2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS GRÚAS .....	109
A2.2.1 GRÚAS PORTUARIAS.....	109
A2.2.2 PUENTE GRÚA .....	110
A2.3 GRÚA PÓRTICO.....	111
A2.4 GRÚA CONSOLA .....	112
A2.5 GRÚA GIRATORIA DE COLUMNA .....	112
A2.5.1 Grúas giratorias de columna giratoria.....	112
A2.5.2 Grúa giratoria de columna fija.....	113
A2.6 GRÚA GIRATORIA DE PLATAFORMA .....	114
A2.6.1 Grúas de cubierta .....	114
A2.6.2 Grúas de puerto .....	114
A2.7 GRÚAS PORTACONTENEDORES.....	115
<b>2. PLANOS.....</b>	<b>117</b>
<b>3. PLIEGO DE CONDICIONES.....</b>	<b>125</b>
CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PROYECTO .....	125
1.1 OBJETO DEL PLIEGO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	125
1.2 DOCUMENTOS QUE DEFINEN LA OBRA.....	125
1.3 ALCANCE DE LA DOCUMENTACIÓN.....	125
1.4 COMPATIBILIDAD Y PRERELACIÓN ENTRE LOS DOCUMENTOS.....	125
1.5 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS OBRAS.....	126
1.6 DISPOSICIONES A TENER EN CUENTA.....	126
1.7 DOMINIO DE APLICACIÓN DE LA NORMATIVA FEM.....	127
CAPÍTULO 2: PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES .....	127
2.1 CONDICIONES TÉCNICAS.....	127
2.2 DIRECCIÓN FACULTATIVA.....	129
2.3 CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS.....	134
2.4 CONDICIONES GENERALES LEGALES.....	141
CAPITULO 3: CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES .....	146
3.1 COMIENZO DE LA INSTALACIÓN.....	146
3.2 CIMENTACIÓN.....	147
3.3 ESTRUCTURA DE ACERO.....	155

3.4 CONDICIONES ESPECÍFICAS DE LA INSTALACIÓN .....	156
3.5 SEGURIDAD Y SALUD EN LA INSTALACIÓN.....	159
3.6 PERSONAL ENCARGADO DEL MANEJO .....	161
3.7 HOMOLOGACIÓN DE LA GRÚA. ....	162
3.8 FABRICACIÓN DE LA GRÚA. ....	163
3.9 MANTENIMIENTO.....	163
3.9.1 Empresa conservadora. ....	163
3.9.2 Propietario. ....	165
<b>4. PRESUPUESTO.....</b>	<b>166</b>
4.1 COSTE DE DISEÑO .....	166
4.2 COSTE DE MATERIALES Y ELEMENTOS.....	167
4.3 COSTE DE FABRICACIÓN Y MONTAJE. ....	168
4.4 COSTE DE TRANSPORTE Y MANIPULACIÓN. ....	168
4.5 COSTE TOTAL. ....	169
<b>5. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD (PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES).</b> .....	<b>170</b>
5.1 INTRODUCCIÓN.....	170
5.2 PRINCIPIOS GENERALES PARA LA EJECUCIÓN. ....	170
5.3 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.....	172
5.3.1 Medios y maquinaria.....	172
5.3.2 Trabajos previos al montaje.....	172
5.3.3 Cimentación.....	173
5.3.4 Estructura. ....	173
5.3.5 Trabajos que impliquen riesgos especiales. ....	174
5.3.6 Medidas de prevención y protección.....	174
5.3.7 Medidas de protección colectiva. ....	174
5.3.8 Medidas de protección individual.....	175
5.3.9 Medidas de prevención a terceros.....	175
5.4 PRIMEROS AUXILIOS .....	176
5.5 MANIPULACIÓN DE LA GRÚA. ....	176
5.5.1 Introducción.....	176
5.5.2 Elementos de seguridad en el uso. ....	177
5.5.3 Elementos de seguridad presentes. ....	178
5.5.4 Requerimientos del operador de la grúa. ....	180
5.5.5 Reglas de seguridad del operador de la grúa.....	181
<b>6. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>184</b>
ANEXO 3: FICHAS TÉCNICAS. ....	187



## **ÍNDICE DE LAS FIGURAS**

Figura 1: Puerto Marina de Santander.

Figura 2: Movimiento de la grúa.

Figura 3: Dimensiones principales de la grúa.

Figura 4: Representación  $\psi$  en función de  $V_L$ .

Figura 5: Obtención del valor  $C_f$  para vigas.

Figura 6: Obtención del valor  $C_f$  para tubos

Figura 7: Perfil HEB 600.

Figura 8: Perfil de la columna seleccionada

Figura 9: Tabla de coeficientes de pandeo  $\omega$ .

Figura 10: Planteamiento de la cimentación.

Figura 11: Exposición de la cimentación.

Figura 12: Zapata rígida / flexible.

Figura 13: Comprobación de la estabilidad estructural.

Figura 14: Casos de distribución de solicitaciones bajo una zapata.

Figura 15: Distribución trapezoidal de tensiones.

Figura 16: Distribución triangular de tensiones.

Figura 17: Estabilidad al vuelco.

Figura 18: Unión mediante pernos de anclaje.

Figura 19: Ley de repartición uniforme en una zona de la placa.

Figura 20: Aproximación viga apoyada sobre cartelas

Figura 21: Longitud del perno de anclaje.

Figura 22: Rodamiento serie KD 600

Figura 23: Factores de carga para la selección de rodamientos.

Figura 24: Rodamiento KD 600.

Figura 25: Capacidad de carga del polipasto.

Figura 26: Polipasto de cable DEMAG.

Figura 27: Selección del polipasto.

Figura 28: Factores de servicio.

Figura 29: Reductor Bonfiglioli. (Fuente: Catálogo Bonfiglioli-Ficha técnica)

Figura 30: Elección del reductor.

Figura 31: Motor Bonfiglioli.

Figura 32: Características del motor Bonfiglioli.

Figura 33: Shadoof.

Figura 34: Grúa Trier.

Figura 35: Puente grúa.

Figura 36: Grúa pórtico.

Figura 37 Grúa consola.

Figura 38: Grúa portacontenedores.

### **ÍNDICE DE LAS TABLAS**

Tabla 1: Medidas generales de la grúa.

Tabla 2: Especificaciones de la grúa.

Tabla 3: Vida del mecanismo.

Tabla 4: Estado de la carga.

Tabla 5: Clasificación del aparato.

Tabla 6: Clasificación de aparatos (FEM/DIN).

Tabla 7: Valores de velocidades y aceleraciones.

Tabla 8: Valores de velocidades y presiones del viento.

Tabla 9: Distintos valores de  $C_f$  para el perfil de la pluma.

Tabla 10: Distintos valores de  $C_f$  para el perfil de la columna.

Tabla 11: Valores de  $M$  en función del aparato de elevación.

Tabla 12: Solicitaciones principales.

Tabla 13: Evaluación del viento sobre la pluma, la carga y la columna.

Tabla 14: Resumen de las fuerzas ocasionadas por el viento.

Tabla 15: Reacción y momento en la base de la columna.

Tabla 16: Datos del perfil HEB 600.

Tabla 17: Reacciones soportadas en la unión de la pluma con la columna.

Tabla 18: Medidas de la pluma.

Tabla 19: Dimensiones del perfil de la sección crítica.

Tabla 20: Tensiones por esfuerzos verticales en la pluma.

Tabla 21: Tensiones por esfuerzos horizontales en la pluma.

Tabla 22: Calculo previo para obtener las tensiones por esfuerzos horizontales

Tabla 23: Tensiones debidas a la acción del viento en toda la pluma

Tabla 24: Resumen de momentos y cortantes en la pluma.

Tabla 25; Estudio de los diferentes casos de solicitaciones en la pluma.

Tabla 26: Resumen de las diferentes solicitaciones en la pluma.

Tabla 27: Especificaciones del perfil de la columna.

Tabla 28: Reacciones en la unión de la columna con el suelo.



- Tabla 29: Dimensiones del perfil de la columna en la sección crítica.
- Tabla 30: Cálculo de las tensiones verticales en la columna.
- Tabla 31: Cálculo de las tensiones horizontales en la columna.
- Tabla 32: Resumen de momentos y cortantes en la columna.
- Tabla 33: Estudio de los diferentes casos de solicitaciones en la columna.
- Tabla 34: Resumen de las solicitaciones en la columna.
- Tabla 35: Comprobación de pandeo en la columna.
- Tabla 36: Presiones admisibles en el terreno.
- Tabla 37: Características medias de los suelos.
- Tabla 38: Datos necesarios para el cálculo de la zapata.
- Tabla 39: Cálculos de la zapata para diferentes casos de solicitaciones.
- Tabla 40: Comprobación del dimensionamiento de la zapata.
- Tabla 41: Dimensiones finales de la zapata
- Tabla 42: Diámetros y áreas de roscas métricas de paso grueso y fino.
- Tabla 43: Coeficientes m.
- Tabla 44: Valores de  $\beta$ .
- Tabla 45: Cálculo del anclaje de la columna.
- Tabla 46: Pernos de anclaje.
- Tabla 47: Selección del rodamiento de gran diámetro.
- Tabla 48: Datos técnicos del rodamiento seleccionado.
- Tabla 49: Datos técnicos del polipasto seleccionado
- Tabla 50: Servicio de la grúa.
- Tabla 51: Factor de corrección según el tipo de servicio.
- Tabla 52: Coste de diseño.
- Tabla 53: Coste de materiales y elementos.
- Tabla 54: Coste de fabricación y montaje.
- Tabla 55: Coste de transporte y manipulación.
- Tabla 56: Coste de mano de obra directa.
- Tabla 57: Coste total.



## 1. MEMORIA DEL PROYECTO

### 1.1 OBJETO

El objeto principal del proyecto es la realización a través de estas páginas del diseño y la definición de una grúa giratoria de 360°, fija, para izado de embarcaciones de hasta 12 Tm de tara máxima que va a ser ubicada en el puerto de Santander, concretamente en el puerto de Raos.

Es una grúa diseñada para la varada de todo tipo de embarcaciones y especialmente para puertos pesqueros. Gracias al cambio de alcance que permite y facilita la disposición de las embarcaciones sobre el muelle y sobre todo por la posibilidad de atender a la reparación de motores y embarcaciones por sus movimientos de precisión.

Este tipo de grúa es muy utilizada en el ámbito pesquero; dado que facilita el transporte, aumenta la productividad, mejora la calidad de vida del trabajador y además se ahorra un gran trabajo a la hora de realizar las operaciones de izado para la preservación de los barcos pesqueros.

### 1.2 ALCANCE

Este proyecto va a consistir en la realización de una grúa portuaria dedicada a cubrir los trabajos necesarios en el puerto de Raos ubicado en Santander.

Con este proyecto se pretende trabajar las características propias de la grúa, tanto mecánicas, de diseño como técnicas, para conseguir la grúa perfecta para nuestro emplazamiento.

Se tratará de trabajar con el mayor número posible de elementos normalizados los cuales podremos encontrar en diferentes catálogos o prontuarios de los diferentes fabricantes. Gracias a la estandarización de los diversos elementos se reducirá considerablemente el precio de la grúa dado que no será necesario la fabricación exclusiva para este tipo de grúa.

En este proyecto no se tratarán los temas relacionados con el aspecto que incluye los accionamientos ni la alimentación eléctrica de motores.

A través de la observación de la evolución histórica de las grúas (anexo I) y del análisis de los diferentes tipos de grúas que se podrían emplear (anexo II) se seleccionara finalmente la propuesta en este trabajo.



### 1.3 NORMATIVA APLICABLE.

La grúa se ha construido cumpliendo con la normativa aplicable sobre aparatos elevadores del ministerio de industria y las diferentes normas UNE referentes a las grúas, además debe de estar de acuerdo con las recomendaciones de la parte correspondiente a aparatos de elevación de la Federación Europea de Manutención (FEM).

- Norma UNE 58-132-91 bajo el título de “Aparatos de elevación. Reglas de cálculo”.
- UNE 58-112-91 Grúas y aparatos de elevación. Clasificación.
- UNE 58-113-85 Grúas. Acción del viento
- UNE-EN 10080 Acero para el armado del hormigón. Acero soldable para armaduras de hormigón armado. Generalidades.

### 1.4 METODOLOGÍA EMPLEADA NORMATIVA APLICABLE.

Para la realización de esta grúa se ha sido necesaria una investigación sobre grúas de 12 toneladas ya existentes en el mercado, construidas por diferentes fabricantes y la consulta de diferentes libros sobre aparatos de elevación y manutención.

Para realizar esta grúa se han tenido en cuenta las carencias y los defectos de estos tipos de grúa y se han intentado mejorar.

Se ha diseñado la grúa con el mayor número posible de elementos normalizados, los cuales se pueden encontrar en diferentes catálogos y prontuarios de esta forma se simplifica de forma considerable su costo ya que no hay que fabricarlas exclusivamente para esta grúa.

### 1.5 UBICACIÓN DEL PROYECTO.

El Puerto Deportivo de Camargo también conocido como Puerto Marina de Santander, está situado en Raos, junto al aeropuerto Parayas ahora llamado aeropuerto Seve - Ballesteros y a pocos minutos de Santander. En este puerto se realizan diversas actuaciones, como es el atraque, mantenimiento y reparación de embarcaciones de recreo, yates y pesqueros de diverso calado.



*Figura 1: Puerto Marina de Santander (Fuente: Elaboración propia)*

#### 1.5.1 Características de la zona.

Dado que no hay ninguna grúa de este tipo, se instalará una con capacidad de levantar 12 toneladas para que de esta forma y en esta ubicación se puedan manejar, reparar y limpiar todas las embarcaciones atracadas. Se pretenderá satisfacer las necesidades de la zona y sus alrededores dado que también hay talleres cerca, siendo un aparato muy útil para la mantenimiento, manejo e izado de las embarcaciones.

#### 1.5.2 Necesidades.

La grúa diseñada en este proyecto está calculada para poder elevar barcos de hasta 12 toneladas, aunque principalmente elevará embarcaciones un poco más pesados de 4 toneladas y en ocasiones levantara pesos cercanos a la carga máxima.

La grúa debe estar calculada para perdurar en el tiempo lo máximo posible y está en concreto se estima con una vida útil de diez años. En el presente trabajo se estima una grúa con la capacidad de trabajar durante 20 años, trabajando una media diaria de 3 horas durante 220 días al año.

#### 1.6 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA GRÚA.

La grúa diseñada, está construida con una columna fija, anclada en su base con una cimentación adecuada, sobre la que gira la pluma por medio de un rodamiento de gran diámetro que le permite cubrir un círculo completo de 360°.

La grúa giratoria de columna fija es autosuficiente y puede ser impermeabilizada completamente, esto la convierte en una buena opción para el trabajo al aire libre.

Se puede utilizar en naves de trasbordo, almacenes, puertos, talleres de máquinas, herramientas y transporte de piezas.

- 1) Estructura de la grúa: La estructura de la grúa está dividida en cuatro partes: la pluma, la columna, la cimentación y el sistema de anclaje.
- 2) Mecanismo de elevación y traslación: El mecanismo de elevación y traslación está compuesto por un polipasto eléctrico con accionamiento eléctrico de traslación. Se han dispuesto al principio y final de la pluma topes final de carrera para amortiguar golpes y delimitar la carrera del polipasto.
- 3) Mecanismo de giro: El mecanismo de giro está situado en la parte superior de la columna, constituido por un motor-reductor eléctrico, un acoplamiento flexible y un eje de salida que lleva en su parte inferior un piñón que ataca el rodamiento de gran diámetro.

#### 1.6.1 Pluma

La pluma se divide en dos partes, por una parte, está la pluma; formada por un perfil seleccionado (Plano 2.5) de los que se encuentran normalizados y por la otra parte los carriles por donde el polipasto se mueve. La segunda parte será la placa en donde se acoplará el motor de giro y donde se soldará la pluma.

El perfil de la pluma que cumple los requisitos para su construcción es el HEB 600 con un espesor de 15,5 milímetros (Epígrafe 1.11.2). El material escogido para la fabricación de la pluma es acero S355.

#### 1.6.2 Columna.

La columna es un tubo de acero hueco que en su parte superior tiene un ensanchamiento en el que se apoyara el rodamiento de giro y en la parte inferior se soldara a la placa de anclaje.

La columna deberá transmitir todas las fuerzas a la cimentación, además de la tensión en la columna se deberá comprobar a pandeo ya que esta estará soportando una fuerza de compresión.



La columna al igual que la pluma será un perfil comercial de prontuario. La columna será un tubo circular hueco de diámetro 762 milímetros (Plano 2.4) con un espesor de 15.87 milímetros fabricada en acero S355 (Epígrafe 1.11.3).

La columna se tiene que comprobar para que el rodamiento se pueda acoplar a la columna.

### 1.6.3 Cimentación.

De acuerdo con los cálculos realizados, (Epígrafe 1.11.4) Las medidas son 620 x 620 x 130 cm (plano 2.3). La misión de la cimentación es transmitir adecuadamente las cargas de la estructura al terreno que le da soporte.

La cimentación actúa como elemento de transición entre:

- Un medio conocido, homogéneo y artificial, con elevadas tensiones de trabajo (hormigón armado).
- Un medio cambiante, heterogéneo y natural, con bajas tensiones de trabajo (terreno).

### 1.6.4 Sistema de anclaje,

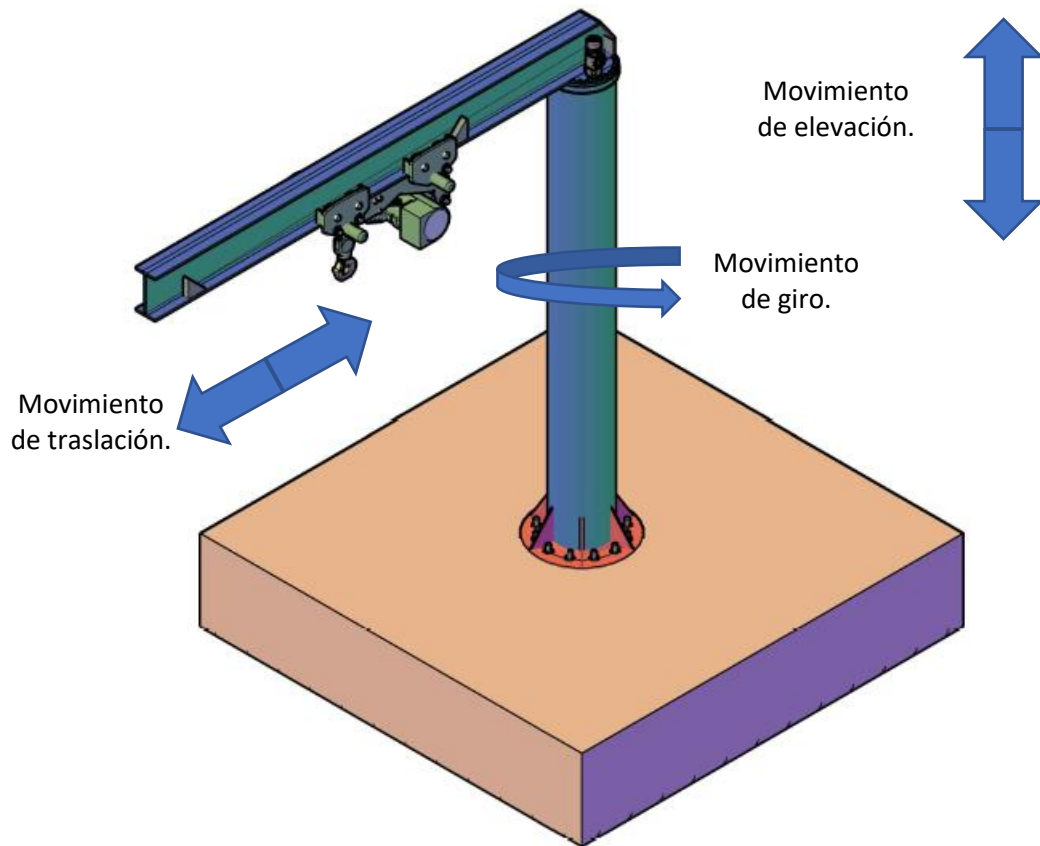
La unión con la zapata se efectúa mediante pernos de anclaje (plano 2.3 y 2.7) con sus correspondientes tuercas embebidos en el hormigón; descansando, provisionalmente, el pilar con su placa de asiento incorporada sobre las tuercas. Una vez aplomado y nivelado el pilar, desplazando adecuadamente las tuercas situadas bajo la placa de asiento, se vierte una capa de 5 a 10 cm de mortero de cemento, ejecutado con arena fina, para cuya compactación se deja en la placa de asiento taladros de unos 50 mm de diámetro. La columna se fija a la zapata apretando las tuercas de los anclajes (Epígrafe 1.11.4).

## 1.7 MECANISMO DE MOVIMIENTO DE LA GRÚA.

Este tipo de grúas permiten un movimiento total, es decir se puede mover en el volumen que conforman la altura de la pluma, la punta de la pluma y el diámetro de la columna. Los movimientos de la grúa para poder abarcar todo serán tres y estos tres movimientos se realizarán con dos mecanismos distintos, el mecanismo de giro y el mecanismo de elevación y translación.

Los movimientos de este aparato de elevación son los grados de libertad necesarios para situar la carga en el lugar apropiado:





*Figura 2: Movimientos de la grúa. (Fuente: elaboración propia)*

#### 1.7.1 Mecanismo de traslación y rotación.

- **Movimiento de elevación.** La carga colgada del gancho del polipasto desciende o asciende.
- **Movimiento de traslación.** El polipasto con carro eléctrico de traslación se desplaza a lo largo de la pluma.

En los movimientos de traslación y elevación consistirá en que el polipasto esté fijo a un carro de traslación que corre a lo largo de la pluma, (plano 2.5) pudiendo así abarcar un sector de trabajo muy amplio. El carro de traslación puede ser manual o eléctrico, en este caso, ya que la capacidad de carga es elevada el carro de traslación debe ser eléctrico.

La velocidad de giro está en torno a 0,6 rpm. Por tanto, elegiremos un motorreductor adecuado a la carga y a las condiciones externas, en las cuales hay que tener en cuenta la resistencia ocasionada por el viento en servicio.

### 1.7.2 Mecanismo de giro.

El rodamiento de giro es una corona giratoria capaz de absorber el momento máximo flector y el peso de la pluma y la carga, a la vez que hace posible el giro de 360° de la pluma entorno a la columna. Está provisto de una corona interior donde ataca el piñón del motor giro anclado a la pluma.

La velocidad de giro está en torno a 0,6 rpm. Por tanto, elegiremos motorreductor adecuado a la carga y a las condiciones externas, en las cuales hay que tener en cuenta la resistencia ocasionada por el viento en servicio.

El mecanismo de giro se compone de un rodamiento de grandes dimensiones con una corona dentada en su interior, este rodamiento será escogido a través de un catálogo de la marca Rothe Erde dependiendo de nuestras necesidades.

### 1.8 DIMENSIONES PRINCIPALES DE LA GRÚA

Las dimensiones de la grúa se han escogido, por un lado, buscando información sobre grúas similares en el mercado, y por otro, satisfaciendo las necesidades que se deben cubrir.

La altura desde la pluma al suelo, o altura bajo viga, puede variar. Generalmente, cuanto mayor es la altura bajo gancho mejor, ya que no habrá problemas para elevar un tipo de carga normal. Este parámetro afecta a la altura total de la grúa, sin embargo, debido a que la grúa estará situada en el exterior, en concreto en un muelle, la altura máxima no está acotada.

Por otro lado, el alcance de la pluma puede variar desde los 2.5 metros hasta los 7 metros. El alcance mínimo está acotado por las dimensiones del polipasto.

<b>DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LA GRÚA</b>	
Altura total (m)	7.1
Longitud columna (m)	6.5
Altura bajo gancho (m)	8
Longitud pluma (m)	7.5
Recorrido gancho (m)	9
Altura zapata (cm)	130
Ancho zapata (cm)	620
Dimensiones cimentación (cm)	620x620x130
Tabla 1. Medidas generales de la grúa. (Fuente: elaboración propia)	

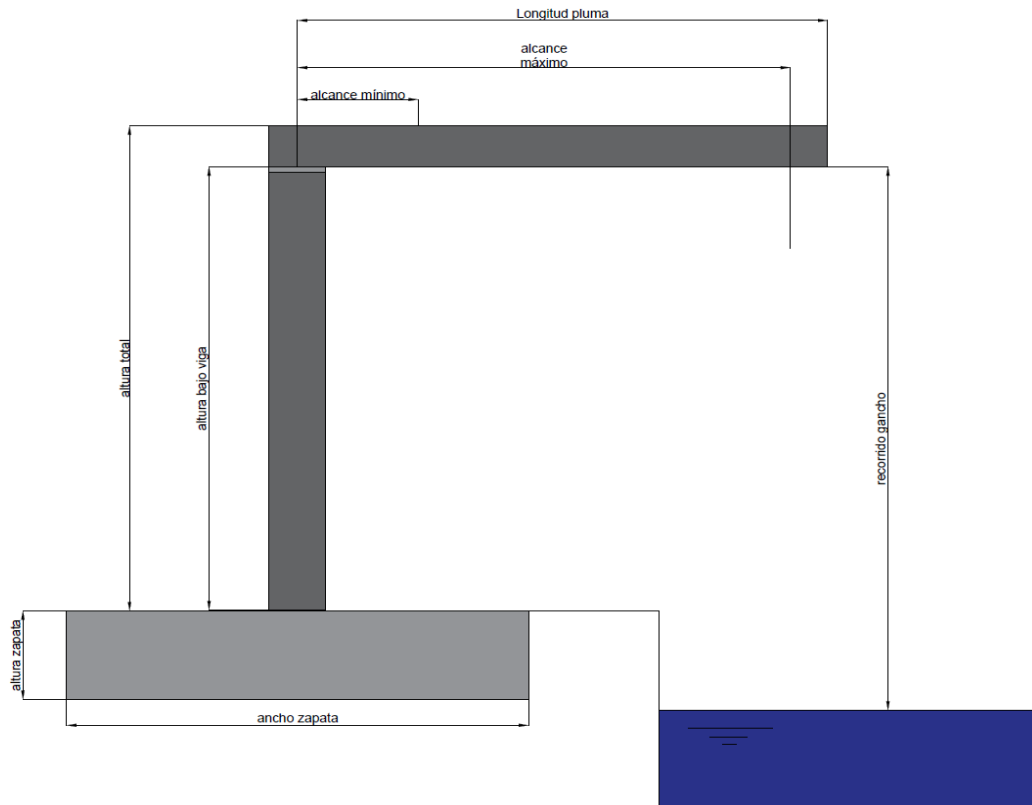


Figura 3: Dimensiones principales de la grúa. (Fuente: elaboración propia)

### 1.9 PROTECCIÓN AMBIENTAL.

La protección de la estructura será un factor para tener en cuenta, ya que el ambiente en que se va a colocar la grúa será muy agresivo. La grúa se colocará en el puerto, por lo tanto, le afectará el salitre.

La estructura será tratada mediante chorro de arena para eliminar las oxidaciones superficiales, después se le aplicará una capa de imprimación de tipo marino y posteriormente dos manos de pintura de acabado.

Los elementos no estructurales que se encuentren en el exterior también estarán pintados con antioxidante de tipo marino.

El polipasto y motorreductor de giro podrán contar con una cubierta para evitar que se mojen cuando esté lloviendo y no estén en servicio.

El resto de los componentes exteriores también estarán pintados con un antioxidante de tipo marino.

## 1.10 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

### 1.10.1 Capacidad de carga.

La grúa es capaz de levantar embarcaciones de hasta 12 toneladas de peso. Esta capacidad es suficiente para poder levantar todas las embarcaciones que existen en este puerto deportivo. A la grúa se le exigirá en contadas ocasiones que levante la carga máxima dado que lo más frecuente es que trabaje con cargas alrededor de 5 toneladas.

### 1.10.2 Vida esperada de la grúa.

La grúa debe estar calculada para perdurar en el tiempo lo máximo posible, pero se estima con una vida útil de diez años. En el presente trabajo se estima una grúa con la capacidad de trabajar durante 20 años, trabajando una media diaria de 3 horas durante 220 días al año

### 1.10.3 Funcionamiento con viento.

La normativa sobre aparatos de elevación y transporte contempla las solicitaciones provocadas por el viento. Se distinguen dos velocidades límite:

1. Grúa en servicio: puede seguir utilizándose siempre que el viento no supere los 72 km/h.
2. Grúa fuera de servicio: los cálculos correspondientes a la estructura de la grúa aseguran que esta resiste vientos de hasta 130 km/h

## 1.11. CÁLCULOS.

### 1.11.1 Cálculo de la estructura.

#### 1.11.1.1 Generalidades.

Se entiende por estructura de un aparato de elevación, el conjunto de elementos resistentes del mismo, que tienen por objeto absorber los esfuerzos generados por las diferentes solicitaciones, y transmitirlos a la estructura fija.

En el caso particular de la grúa de columna fija que vamos a desarrollar, existen distintos elementos resistentes, de cálculo independiente, dentro del marco global del aparato. Se distinguen dos elementos principales:

- La pluma
- La columna



La técnica de cálculo de una estructura de un aparato de elevación se compone de varias fases:

1. Determinación de solicitaciones, y combinaciones de ellas que actúan sobre la estructura.
2. Obtención de desplazamientos, esfuerzos, tensiones y reacciones existentes en cada uno de los elementos resistentes mediante el proceso de cálculo correspondiente.
3. Comprobación de los valores obtenidos con los valores admisibles de elasticidad, resistencia y estabilidad.

Para la realización del cálculo de la estructura se han seguido las reglas descritas en el libro “Grúas” de Emilio Larrodé y Antonio Miravete. El cual sigue las normativas:

- Norma UNE 58-102-74 bajo el título de “Aparatos pesados de elevación. Reglas para el cálculo de estructuras”.
- Normativa de la Federación Europea de Manutención (FEM).

Para el diseño de la grúa se partirá de una primera hipótesis en la cual se obtendrá una estimación de pesos, forma, distancia y medidas necesarias para el cálculo de la estructura. Con esta primera estimación se tendrá una base sobre la que prediseñar los perfiles y las secciones que van a ser utilizadas. Una vez que los perfiles hayan sido diseñados comprobaremos numéricamente que sean los adecuados para nuestra estructura, en caso de que cause algún tipo de problema se irán iterando hasta obtener el adecuado.

DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LA GRÚA	
Capacidad de carga (Tm)	12
Alcance máximo (m)	7
Alcance mínimo (m)	2,5
Ángulo cubierto (°)	360°
Estructura	Metálica
Sistema de elevación y traslación	Polipasto eléctrico
Sistema de giro	Eléctrico
Corriente de alimentación (V)	Alterna trifásica 220/380 V a 50 Hz
Mando	Por botonera
Peso polipasto (Kg)	500 aprox.
Grupo FEM	M6
Velocidad de elevación (m/min)	4
Velocidad de traslación (m/min)	20
Velocidad de giro (rpm)	0,6
Altura total (m)	7.1
Altura bajo viga = Longitud columna (m)	6.5
Longitud pluma (m)	7.5
Recorrido gancho (m)	9
Altura zapata (cm)	130
Ancho zapata (cm)	620
Dimensiones cimentación (cm)	620x620x130
Tabla 2. Especificaciones de la grúa. (Fuente: elaboración propia)	

Características técnicas  
 Características de los mecanismos  
 Dimensiones principales



### 1.11.2 Determinación de solicitaciones.

Las solicitaciones existentes sobre una estructura de un aparato de elevación se van a calcular mediante la normativa de la Federación Europea de la Manutención.

#### 1.11.2.1 Dominio de aplicación.

El presente método de obtención de solicitaciones es aplicable a aparatos de elevación correspondientes a la sección 1 de la FEM. No es aplicable en los siguientes casos:

1. Grúas móviles sobre neumáticos, cintas, orugas, camiones, remolques y patines correspondientes a la sección V de la FEM
2. Aparatos móviles sobre neumáticos, cintas, orugas, camiones, remolques y patines, correspondientes a la sección V de la FEM

- a) Aparatos eléctricos, neumáticos, hidráulicos o manuales.
- b) Aparatos de elevación que utilizan los equipos indicados en el apartado a) como elevación principal
- c) Gatos y elevadores de carga
- d) Tornos de montaje

### 1.11.2.2 Clasificación de aparatos en función del servicio

Para la aplicación de la norma, los aparatos están clasificados en diferentes grupos en función del servicio. Los dos factores que se consideran para determinar el grupo son la vida del mecanismo y el estado de la carga

#### 1.11.2.2.1 Vida del mecanismo

La vida de mecanismo representa el número de horas de funcionamiento real que estimamos va a tener el mecanismo a lo largo de su servicio. Al ser desconocido este número de horas, se ha convenido definir siete grupos.

Definición de la vida del mecanismo							
Grupo	A	B	C	D	E	F	G
Vida en horas	800	1600	3200	6300	12500	25000	50000

Tabla 3. Vida del mecanismo. (Fuente: (Miravete & Larrodé, Grúas, 1996))

Para poder diseñar la grúa con precisión es necesario estipular un tiempo de vida aproximado y el número de ciclos de carga que realizará, por razones económicas se tratará de alargar la vida del mecanismo lo máximo dentro de los valores admisibles sin que cause cualquier tipo de problema. El número de ciclos definirá el diseño de sus elementos y para poder aplicar la norma vigente es un dato que será completamente necesario. En el presente trabajo se realizará una grúa con la capacidad de trabajar durante 20 años, trabajando una media diaria de 3 horas durante 220 días al año, debemos remarcar que la grúa no estará siempre en funcionamiento, es decir realizando tareas de carga y descarga, también es necesario decir que trabajara más en el periodo estival que en cualquier otro por razones meteorológicas. Por razones de mantenimiento u avería la grúa podría estar parada días por lo que no funcionase durante todos los días del año.

$$20 \text{ años} * \frac{220 \text{ días}}{1 \text{ año}} * \frac{3 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = 13200 \text{ horas estimas de trabajo}$$

Corresponde al grupo E y tendría una vida estimada de 12500 horas.

### 1.11.2.2.2 Estado de la carga

El estado de carga representa en qué medida, el aparato levanta la carga máxima o solamente una carga reducida. Esta idea está caracterizada por un espectro de cargas elevadas, indicando el número de ciclos para los cuales el aparato es capaz de levantar una cierta fracción de la carga máxima. Se consideran en la práctica, cuatro estados convencionales de carga, caracterizados por el valor  $k$ , representando la frecuencia de la carga máxima, durante el servicio en un número de ciclos determinados

$$k = \frac{N^{\circ} \text{ de veces de elevación de la carga máxima}}{N^{\circ} \text{ de veces de elevación de cargas pequeñas, medianas y máximas}}$$

Estado de carga	Servicio	Factor k
1	Frecuencia muy reducida de la carga máxima.	0.125
2	Frecuencia reducida de la carga máxima.	0.250
3	Frecuencia aproximada igual de cargas pequeñas, medianas y máximas.	0.500
4	Frecuencia elevada de la carga máxima.	1.000

Tabla 4. Estado de la carga. (Fuente: (Miravete & Larrodé, Grúas, 1996))

Conociendo las necesidades del puerto de Santander y conociendo la mayoría de los pesos a izar podemos deducir que habrá una frecuencia reducida de la carga máxima, por lo que trabajaremos con un valor  $k$  de valor 0.25

### 1.11.2.2.2 Clasificación de aparatos en función del servicio.

A partir de la vida del mecanismo y del estado de cargas, los aparatos se clasifican en seis grupos según la FEM siguiendo la siguiente tabla.

Según los datos obtenidos anteriormente podemos obtener la clasificación del aparato, en nuestro caso será el M6 dado que en la tabla aparece la vida del mecanismo en nuestro caso E y el estado de carga en nuestro caso 2, obtenidos anteriormente.

		Vida del mecanismo						
		A	B	C	D	E	F	G
Estado de carga	1			M3	M4	M5	M6	M7
	2		M3	M4	M5	M6	M7	M8
	3	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8
	4	M4	M5	M6	M7	M8	M8	M8

Tabla 5. Clasificación del aparato. (Fuente: (Miravete & Larrodé, Los transportes en la ingeniería industrial (teoría), 2002))



La equivalencia entre la clasificación que se establece para diferentes normativas se puede ver en la siguiente tabla.

ESTADO DE CARGA				VIDA EN HORAS DE FUNCIONAMIENTO REAL DEL MECANISMO											
Factor k	Servicio	800		1600		3200		6300		12500		25000		50000	
0,125	Frecuencia muy reducida de la carga máxima					M3	1 Bm	M4	1Am	M5	2 m	M6	3 m	M7	4 m
0,25	Frecuencia reducida de la carga máxima			M3	1 Bm	M4	1Am	M5	2 m	M6	3 m	M7	4 m	M8	5 m
0,5	Frecuencia aproximada igual de cargas pequeñas, medianas y máximas	M3	1 Bm	M4	1Am	M5	2 m	M6	3 m	M7	4 m	M8	5 m	M8	5 m
1	Frecuencia elevada de la carga máxima	M4	1 Am	M5	2 m	M6	3 m	M7	4 m	M8	5 m	M8	5 m	M8	5 m
Tabla 6. Clasificación de aparatos (FEM/DIN). (Fuente: (Miravete & Larrodé, Los transportes en la ingeniería industrial (teoría), 2002))															

### 1.11.2.3 Tipos de solicitaciones a tener en cuenta

Los tipos de solicitaciones a tener en cuenta se describen a continuación:

- Solicitaciones principales que se ejercen sobre la estructura del aparato supuesto inmóvil, en el estado de carga más desfavorable.
- Solicitaciones debidas a movimientos verticales.
- Solicitaciones debidas a movimientos horizontales.
- Solicitaciones debidas a efectos climáticos.
- Solicitaciones diversas.

#### 1.11.2.3.1 Solicitaciones principales

- Solicitaciones debidas a la carga de servicio, o peso de la carga útil más el peso de los elementos accesorios.
- Solicitaciones debidas al peso propio, o peso de todos los elementos que componen la grúa a excepción de la carga en servicio.

#### 1.11.2.3.2 Solicitaciones debidas a movimientos verticales

Estas provienen de manipulación de carga en servicio, aceleraciones o deceleraciones sobre el movimiento de elevación y choques verticales debidos al rodamiento sobre las vías.

#### 1.11.2.3.2.1 Solicitaciones debidas a manipulación de la carga de servicio

Se tienen en cuenta, multiplicando la carga en servicio por un factor denominado “coeficiente dinámico”,  $\psi$ .

$$Q_{Lc} = Q_L * \psi$$

El coeficiente está definido por la expresión:

$$\psi = 1 + \xi * V_L = 1 + 0.3 * \frac{1}{15} \left( \frac{m}{s} \right) = 1.02$$

Donde:

$V_L$  = Velocidad de elevación en (m/s) = 4 m/min = 1/15 m/s

$\xi$  = Coeficiente experimental

0.6 para puentes – grúa y pórticos.

0.3 para grúas.

Los valores de  $\xi$  están representados en el siguiente gráfico

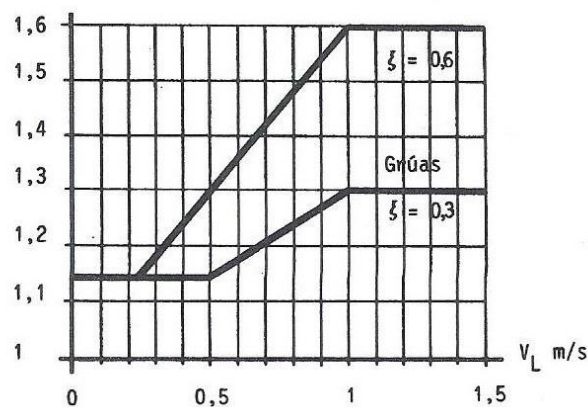


Figura 4: Representación  $\psi$  en función de  $V_L$ . (Fuente: (Miravete & Larrodé, Grúas, 1996))

El coeficiente tiene en cuenta la manipulación de la carga en servicio, que constituye el choque más importante. Las solicitaciones debidas a aceleraciones o deceleraciones sobre el movimiento vertical son despreciables.

#### 1.11.2.3.3 Solicitaciones debidas a movimientos horizontales

- Efectos de inercia debidos a aceleraciones o deceleraciones de movimientos de dirección, translación, orientación y recuperación de flecha.
- Efectos de fuerza centrífuga.
- Efectos horizontales transversales provocados por la rodadura.
- Efectos de choque.

#### 1.11.2.3.3.1 Efectos horizontales por movimientos de orientación y recuperación de flecha.

Para este tipo de movimientos, se debe considerar el momento de aceleración o deceleración que se ejerce sobre el eje motor. El valor de las aceleraciones o deceleraciones depende del aparato, eligiéndose una aceleración entre 0.1 y 0.6 m/s<sup>2</sup>.

#### 1.11.2.3.3.2 Efectos de la fuerza centrífuga.

Para grúas, se tiene en cuenta el esfuerzo horizontal en cabeza de flecha resultante y la inclinación del cable portante de la carga. En otros aparatos, en general, se desprecia el efecto de la fuerza centrífuga.

La siguiente tabla es de valores de aceleraciones

Velocidad a obtener (m/s)	Velocidad lenta y velocidad media con carrera larga		Velocidad media y rápida (aplicaciones corrientes)		Velocidad rápida con fuertes aceleraciones	
	Tiempo de aceleración (s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Tiempo de aceleración (s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Tiempo de aceleración (s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )
4			8	0,5	6	0,67
3,15			7,1	0,44	5,4	0,58
2,5			6,3	0,39	4,8	0,52
2	9,1	0,22	5,6	0,35	4,2	0,47
1,6	8,3	0,19	5	0,32	3,7	0,43
1	6,6	0,15	4	0,25	3	0,33
0,63	5,2	0,12	3,2	0,19		
0,4	4,1	0,098	2,5	0,16		
0,25	3,2	0,078				
0,16	2,5	0,064				

Tabla 7. Valores de velocidades y aceleraciones. (Fuente: (Miravete & Larrodé, Grúas, 1996)

#### 1.11.2.3.3.3 Efectos de choque de topes

Solo se considera cuando el choque se produce sobre la estructura, o cuando se produce sobre la carga suspendida. Para el caso de choque sobre estructura, éste se tiene en consideración cuando la velocidad de desplazamiento es superior a 0,7 m/s. los esfuerzos resultantes sobre la estructura se calculan en función de la deceleración que el tope impone al aparato. Se admite que el tope es capaz de absorber la energía cinética del aparato correspondiente a 0.7 de la velocidad de translación. Para el caso de choque de la carga suspendida, se consideran las sollicitaciones debidas al choque de carga, cuando está rígidamente guiada.

#### 1.11.2.3.4 Solicitaciones debidas a efectos climáticos.

Las solicitaciones debidas a los efectos climáticos son los resultantes de la acción del viento, sobrecarga de nieve y variaciones de temperatura.

##### 1.11.2.3.4.1 Acción del viento.

Se debe resaltar que todos los cálculos relacionados con el viento son aproximados, debido a su propia naturaleza. Sin embargo, es necesario tenerlos en cuenta y si se le da un tratamiento matemático adecuado, los resultados que se obtienen serán mucho más aproximados y útiles.

El contacto del viento con la superficie de la tierra ejerce un efecto de arrastre similar al rozamiento. Es evidente que este efecto de arrastre es diferente en zonas abiertas como llanuras que en zonas cerradas o con obstáculos como zonas de bosques, o concentrados núcleos urbanos. Esta variación en el arrastre causa que la velocidad del viento varíe en función de la altura y del tipo del terreno. Además, accidentes topográficos como colinas o valles producen variaciones de la dirección del viento.

El aire a nivel del mar ejerce una presión uniforme de 101.4 KPa. Cuando el aire está en movimiento, sin embargo, esta presión se modifica. La fuerza del viento ejerce sobre una superficie en su camino una presión y una fuerza negativa o succión en la superficie opuesta debido a los cambios de presión locales. Como ejemplo, un cambio de un 1% en la presión normal es equivalente a 1,014 KPa. La presión estática equivalente inducida por el viento es función de la densidad del aire, que varía con la temperatura, altura y presión barométrica. Estas variaciones son pequeñas, y son normalmente ignoradas a la hora de realizar cálculos prácticos de viento. La relación de la presión estática viene dada por:

$$q = \frac{1}{2} p v_w^2$$

Donde  $p$  es la densidad del aire. Si la velocidad se expresa en metros por segundo y la presión en pascales, la expresión queda:

$$q = \frac{5}{8} v_w^2$$

En la siguiente tabla se expresan diferentes valores de velocidad y presión del viento.

Altura del elemento por encima del suelo		Viento límite de servicio					Viento máximo				
m	ft	Velocidad Vw			Presión aerodinámica		Velocidad Vw			Presión aerodinámica	
		m/s	km/h	miles p h	kgf/m <sup>2</sup> o daN/m <sup>2</sup>	lbs/sq.ft	m/s	km/h	miles p h	kgf/m <sup>2</sup> o daN/m <sup>2</sup>	lbs/sq.ft
0 a 20	0 a 65	20	72	45	25	5	36	130	80	80	16
20 a 100	65 a 325						42	150	95	110	22
más de 100	más de 325						46	165	105	130	26

Tabla 8. Valores de velocidades y presiones de viento. (Fuente: (Miravete & Larrodé, Grúas, 1996))

### Presión del viento sobre objetos:

La expresión anterior da la presión del viento sobre objetos de formas indefinidas. Evidentemente un objeto cortante originará menores perturbaciones o cambios de presión en la corriente de viento que la que ocasionará una gran superficie plana. A través de ensayos e investigaciones se han obtenido datos que relacionan los objetos con la resistencia que ellos inducen. En las siguientes tablas se dan valores de coeficientes para estas fuerzas de oposición para una serie de formas típicas utilizadas en construcciones de grúas.

La fuerza que ejerce el viento sobre un objeto se expresa como:

$$F = q * A * C$$

Dónde:

$F$  = fuerza sobre la superficie actuando en la dirección del viento

$q$  = presión estática a la altura  $h$  del objeto

$A$  = área del objeto sobre la que actúa el viento

$C$  = coeficiente de forma

=  $C_f$  para viento actuando normal a la superficie

**La acción del viento sobre la carga** se calcula teniendo en cuenta la mayor superficie posible de exposición al viento y tomando como valor del coeficiente aerodinámico  $C = 1$ . Para cargas inferiores a 25.000 daN, en las que el cálculo de la superficie expuesta al viento es de difícil resolución, se pueden tomar a título orientativo los siguientes valores:

1 m<sup>2</sup>/1000 daN para cargas hasta 5000 daN.

0,5 m<sup>2</sup>/1000 daN para cargas desde 5000 daN a 25000 daN.

Evidentemente para una grúa fuera de servicio no hay carga que evaluar bajo la acción del viento.

Por consiguiente, los elementos geométricos de la grúa que sufrirán la presión del viento serán: la pluma, la columna y la carga en servicio.

De la fuerza que ejerce el viento sobre cada elemento, se tendrán en cuenta las dimensiones necesarias para satisfacer las prestaciones de la grúa.

A continuación, se muestran tablas con los valores de  $C_f$  para vigas (pluma) y tubos (columna):

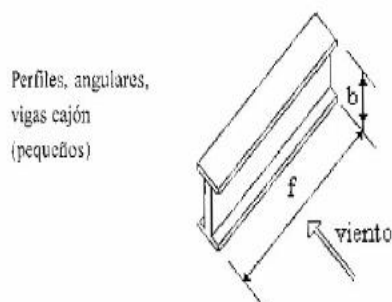


Figura 5: Obtención del valor  $C_f$  para vigas  
(Fuente: (Miravete & Larrodé, Grúas,  
1996))

f/b	$C_f$
50	1.90
40	1.70
30	1.65
20	1.60
10	1.35
5	1.3

Tabla 9: Distintos valores de  $C_f$  para el perfil de la pluma.  
(Fuente: (Miravete & Larrodé, Grúas, 1996))

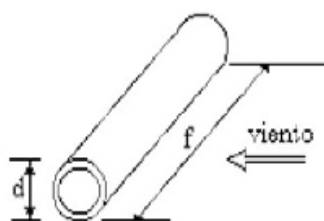


Figura 6: Obtención del valor  
 $C_f$  para tubos. (Fuente:  
(Miravete & Larrodé, Grúas,  
1996))

	f/d	$C_f$
$d \cdot V_m < 4.5$ $m/s^2$ $V_s$ = velocidad del viento(m/s) $d$ = diámetro (m)	50	1.10
	40	1.00
	30	0.95
	20	0.90
	10	0.80
	5	0.75
$d \cdot V_m \geq 4.5$ $m/s^2$	50	0.80
	40	0.75
	30	0.70
	20	0.70
	10	0.65
	5	0.60

Tabla 10: Distintos valores de  $C_f$  para el perfil de la columna. (Fuente: (Miravete & Larrodé, Grúas, 1996))

#### 1.11.2.3.4.2 Sobrecarga de nieve.

No se tienen en cuenta sobrecargas de nieve en el cálculo de puentes-grúa, pórticos o grúas. La grúa diseñada en el presente no se pondrá en servicio con carga de nieve.

#### 1.11.2.3.4.3 Variaciones de temperatura.

Las solicitaciones debidas a variación de temperatura no se consideran excepto en casos particulares, por ejemplo, que los elementos no puedan dilatarse libremente.

#### 1.11.2.3.5 Determinación de casos de solicitaciones.

El método de cálculo utilizado en las siguientes páginas es el método descrito en el libro *Aparatos de Elevación y Transporte* de Larrodé, Miravete (1996, pág. 275).

En primer lugar, se realiza el análisis de las tensiones producidas por las diferentes solicitaciones. Después, a estas tensiones se les aplican los coeficientes de seguridad según cada caso y finalmente, se calcula la tensión equivalente.

Una vez obtenidas las tensiones equivalentes de cada caso, el perfil de la estructura se dimensiona para que pueda soportar la tensión equivalente del caso más desfavorable

La normativa indica el valor del coeficiente a utilizar dependiendo de la clasificación del aparato de elevación. El valor escogido en el presente proyecto es de  $M=y_s = 1,06$ .

GRUPO	M3	M4	M5	M6	M7	M8
$M = y_s$	1	1	1	1.06	1.12	1.2

Tabla 11: Valores de M en función del aparato de elevación. (Fuente: (Miravete & Larrodé, Los transportes en la ingeniería industrial (teoría), 2002))

- Caso general

$$[(S_G + \psi S_L + S_H) * M + S_W] * C_S$$

$M = y_s$ : Coeficiente según tipo de grúa de 1,06 es un coeficiente variable con el grupo al que pertenece el aparato

$C_s$ : Coeficiente de seguridad, depende de cada caso.

$C_d = \psi$ : Coeficiente dinámico, 1,14

$S_G$ : Solicitaciones verticales debidas al peso de la estructura.

$S_L$ : Solicitaciones verticales debidas a la carga y accesorios.

$S_H$ : Solicitaciones horizontales debidas a la aceleración de la carga.

$S_w$ : Solicitaciones debidas a la acción del viento

Existen diversos casos de combinación de solicitaciones:

- Aparato en servicio sin viento.
- Aparato en servicio con viento.
- Aparato sometido a solicitaciones excepcionales.
- Aparato fuera de servicio con viento máximo.
- Ensayo estático.
- Ensayo dinámico.
- Caso 1. Aparato en servicio sin viento

Para este caso, la solicitudón toma el siguiente valor

$$[M(S_G + \psi S_L + S_H)] * C_S$$

Donde  $C_S$ , es el coeficiente de seguridad: 1,5

- Caso 2. Aparato en servicio con viento

La solicitudón toma el siguiente valor:

$$[M(S_G + \psi S_L + S_H) + S_w] * C_S$$

En este caso  $C_S = 1,33$

- Caso 3: Aparato sometido a solicitaciones excepcionales

Se adoptan como solicitaciones:

a) Efecto de choque con los topes fin de carrera

$$(S_G + S_L + S_T) * C_S$$

b) Ensayos estático y dinámico

$$(S_G + \psi * \rho_1 * S_L) * C_S$$

$$(S_G + \rho_2 * S_L) * C_S$$

En este caso  $C_S=1.1$



Donde:

$S_T$ : sollicitación de choques en los topes fin de carrera

$p_1$ : coeficiente de mayorización de la carga nominal para ensayos dinámicos: 1,2

$p_2$ : coeficiente de mayorización de la carga nominal provista para ensayos estáticos: 1,4

### Método de cálculo empleado:

Para el cálculo de la estructura, la elección del perfil de la pluma como de la columna, se utilizará la teoría de tensión equivalente de Von-Mises o también llamada teoría de la máxima distorsión.

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_X^2 + 3(\tau_{XY}^2 + \tau_{XZ}^2)} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

En primer lugar, se calcularán las fuerzas y momentos que producen las diferentes sollicitaciones en las secciones críticas de la pluma y de la columna. Después, a cada sollicitación se le aplicarán los diferentes coeficientes FEM que le correspondan y, por último, se calculará la tensión equivalente de Von Mises, la cual se comparará con el límite elástico del perfil elegido. En caso de que la tensión equivalente sea menor, este perfil será válido; en caso contrario, se tendrá que sustituir por otro perfil mayor.

#### 1.11.3 Resolución de cálculos.

SOLICITACIONES PRINCIPALES			
Sollicitaciones debidas a la carga de servicio			
		Kg	N
Qc= carga útil + accesorios	Carga útil	12000	117720
	Accesorios	500	4905
Qc= carga útil + accesorios		12500	122625
Sollicitación debida al peso propio de los elementos			
		Kg	N
Peso de la pluma (Qplu)		1484	14558,04
Peso de la columna (Qcol)		1898,12	18620,58
Peso del polipasto (mecanismo de elevación y traslación) (Qpol)		500	4905
Peso mecanismo de giro (Qmg)		100	981
Peso propio de los elementos (Qg)		3982,12	39064,62
Tabla 12. Sollicitaciones principales. (Fuente: Elaboración propia)			

## Solicitaciones debidas a movimientos verticales

1. Solicitación debida a la manipulación de la carga de servicio.

$$\psi = 1 + \xi * V_L = 1 + 0.3 * \frac{1}{15} \left( \frac{m}{s} \right) = 1.02$$

$V_L$  = Velocidad de elevación en (m/s) = 4 m/min = 1/15 m/s

$\xi$  = Coeficiente experimental

0.6 para puentes – grúa y pórticos.

0.3 para grúas.

2. Solicitaciones debidas a movimientos horizontales.

- Movimientos de giro y recuperación de flecha.
- Efectos de choque de topes.
- Efectos de la fuerza centrífuga.

3. Solicitaciones debidas a efectos climáticos.

- Acción del viento.

Altura del elemento por encima del suelo		Viento límite de servicio					Viento máximo				
m	ft	Velocidad $V_w$			Presión aerodinámica		Velocidad $V_w$			Presión aerodinámica	
		m/s	km/h	miles p h	kgf/m <sup>2</sup> o daN/m <sup>2</sup>	lbs/sq.ft	m/s	km/h	miles p h	kgf/m <sup>2</sup> o daN/m <sup>2</sup>	lbs/sq.ft
0 a 20	0 a 65	20	72	45	25	5	36	130	80	80	16
20 a 100	65 a 325						42	150	95	110	22
más de 100	más de 325						46	165	105	130	26

Tabla 7. Valores de velocidades y presiones de viento. (Fuente: (Miravete & Larrodé, Grúas, 1996))

El viento limite en servicio es de 20 m/s.

El viento máximo con la grúa en fuera de servicio es de 36 m/s.

Evaluación del viento sobre la pluma				
Viento perpendicular a la pluma				
Longitud ' pluma (L'plu) = f	7,5	m	7500	mm
Altura de la pluma (tablas del perfil IPE 600) = b	600	mm	0,6	m
f/b	12,5			
Interpolando para obtener Cf	1,4125			
Fuerza viento sobre la pluma en servicio = q*A*Cf	158,90	daN	1589,06	N
A=f*b	4,5	m²		
Fuerza viento sobre la pluma fuera de servicio = q*A*Cf	508,5	daN	5085	N
Evaluación de la acción del viento sobre la carga				
A=(0,5m²/10000N) * (Capacidad de carga (N)*9,81 (m/s²))	5,886	m²		
Cf	1			
Fuerza viento sobre la carga en servicio = q*A*Cf	147,15	daN	1471,5	N
Fuerza viento sobre la carga fuera de servicio = q*A*Cf	0	N	Sin carga	
Evolución del viento sobre la columna				
Viento perpendicular a la columna				
f = h (altura de la columna)	6,5	m	6500	mm
Diámetro exterior (D)	762	mm	0,762	m
f/D	8,53018372			
Interpolando para obtener Cf	0,6426509			
Fuerza en la columna con la grúa en servicio = q*A*Cf	79,576	daN	795,76	N
Fuerza en la columna con la grúa fuera de servicio = q*A*Cf	254,64	daN	2546,44	N
Área	4,953	m²		
Tabla 13. Evaluación del viento sobre la pluma, la carga y la columna (Fuente: Elaboración propia)				

<b>RESUMEN DE LAS FUERZAS OCASIONADAS POR EL VIENTO</b>		
	Caso A ( $v = 72\text{km/h}$ ) (N)	Caso B ( $v = 130\text{km/h}$ ) (N)
PLUMA	1589,06	5085
COLUMNMA	795,76	2546,44
CARGA	1471,5	SIN CARGA
Tabla 14. Resumen de las fuerzas ocasionadas por el viento (Fuente: Elaboración propia)		

- Sobrecarga de nieve.

La grúa no estará en servicio con carga de nieve.

- Variación de temperatura.

No se consideran, solo se tendrán en cuenta cuando los elementos no puedan dilatarse libremente.

### 1. Momento y esfuerzos en la grúa.

- Reacciones producidas en la estructura.

El peso propio de los elementos de la grúa y de la carga genera una fuerza y un momento en la base de la grúa. Estas solicitaciones están mayoradas según los supuestos de cargas y pesos ya comentados. Se aplicará el coeficiente de seguridad en el caso más desfavorable para cada elemento de la estructura al llevar a cabo el dimensionamiento. De esta forma, se sabrá cuál es la sección crítica en la pluma para poder dimensionar la misma.

Por lo tanto, en la base de la columna deberán aparecer unas reacciones exteriores para equilibrar las fuerzas y los momentos de vuelco producidos por los elementos anteriormente mencionados que se calcularán de la siguiente manera:

$$R_C = C_d * (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}$$

$$M_C = C_d * L_{plu} * (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} * \left(\frac{L'_{plu}}{2}\right)$$

Donde:

$M_C$  = momento en C (base de la columna).

$R_C$  = reacción vertical en C (base de la columna).

$C_d$  = coeficiente dinámico (calculado anteriormente).

$Q_u$  = Peso de la carga útil más accesorios.

$Q_{met}$  = Peso del mecanismo de elevación y traslación (polipasto).

$Q_{col}$  = Peso propio de la columna.

$Q_{plu}$  = Peso propio de la pluma.

$Q_{mg}$  = Peso del mecanismo de giro.

$L_{plu}$  = Distancia desde el eje de giro hasta el punto de aplicación de la carga

$L'_{plu}$  = Distancia desde el eje de giro hasta el final de la pluma.

REACCIÓN Y MOMENTO EN LA BASE DE LA GRÚA			
Reacción vertical (Rc)		Kg	N
Qplu (peso propio de la pluma)		1484	14558,0 4
Qcol (peso propio de la columna)		1898.12 2	18620,5 8
Qu (carga útil + accesorios)	Carga útil	12000	117720
	Accesorios	500	4905
Qmg (peso del mecanismo de giro)		100	981
Qmet (peso del polipasto)		500	4905
Cd= ψ (coeficiente dinámico)	1.14		
ΣFv=0 → Rc= Cd* (Qu+Qmet) + Qcol + Qplu + Qmg	179543,8251	N	
Momento (Mc)		Kg	N
Qplu (peso propio de la pluma)		1484	14558,0 4
Qu (carga útil + accesorios)	Carga útil	12000	117720
	Accesorios	500	4905
Qmet (peso del polipasto)		500	4905
Cd= ψ (coeficiente dinámico)	1,14		
ΣMc=0 → Mc=Cd*Lplu(Qu+Qmet)+Qplu(L'plu/2)	1072282,05	Nm	
Tabla 15. Reacción y momento en la base de la grúa (Fuente: Elaboración propia)			

### 1.11.2 Dimensionamiento de la pluma.

#### 1.11.2.1 Planteamiento de la pluma

Para establecer un dimensionamiento correcto de la grúa se debe conocer con precisión las dimensiones del perfil de la pluma en la sección más crítica, es decir, la unión entre la pluma y la columna donde el momento flector es máximo. En este punto, se van a calcular las reacciones soportadas por la unión de la pluma con la columna. Los esfuerzos que debe soportar la pluma son:

- Esfuerzos producidos por el peso propio de la pluma.
- Esfuerzos producidos por la carga en el extremo más alejado de la pluma.
- Esfuerzos producidos por el viento con la grúa en servicio sobre la pluma y la carga

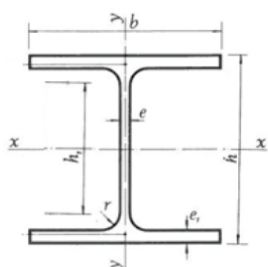
Las ecuaciones para el cálculo de estas reacciones serán:

$$R_A = C_d * (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu}$$

$$M_A = M_C = C_d * L_{plu} * (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} * \left(\frac{L'_{plu}}{2}\right)$$

- Tipo de perfil.

Es necesario destacar que en un principio se había seleccionado un perfil IPE para la pluma, pero el punto más solicitado de la sección crítica de la pluma no aguantaba los esfuerzos a los que estaba sometido. Finalmente, se ha elegido un perfil normalizado HEB, el cual cumple con todas las restricciones impuestas por el dimensionamiento de la pluma.



A = Área de la sección

I = Momento de Inercia

W = Módulo resistente

i =  $\sqrt{I/A}$  = Radio de giro

u = Superficie lateral por metro lineal

HEB	Dimensiones (mm)						Sección	Peso	Referido eje x-x			Referido eje y-y			u	HEB
	h	b	e	e1	r	h1	A(cm2)	P(Kg/m)	Ix(cm4)	Wx(cm3)	ix(cm)	Iy(cm4)	Wy(cm3)	iy(cm)	m2/m	
600	600	300	15,5	30,0	27	486	270	212	171 000	5700	25,2	13530	902	7,08	2,32	600

Figura 7: Perfil HEB 600. (Fuente: Prontuario HEB)

DATOS DEL PERFIL DE LA PLUMA		
h	600	mm
b	300	mm
e	15,5	mm
e1	30	mm
r	27	mm
h1	486	mm
A	270	cm <sup>2</sup>
Peso por metro viga (P)	212	Kg/m
Ix	171000	cm <sup>4</sup>
Wx	5700	cm <sup>3</sup>
ix	25,2	cm
Iy	13530	cm <sup>4</sup>
Wy	902	cm <sup>3</sup>
iy	7,08	cm
u	2,32	m <sup>2</sup> /m
Peso de la viga = Peso por metro viga (P) * Lplu	1484	Kg

Tabla 16: Datos perfil HEB 600 (Fuente: Elaboración propia)

### 1.11.2.2 Determinación de solicitaciones en la pluma.

El cálculo de las tensiones por solicitaciones en la pluma se calculará según los esfuerzos que debe soportar:

- Debido al peso propio de la pluma.
- Debido al peso de la carga en servicios más accesorios.
- Debido a la acción del viento en toda la pluma con esta en servicio.
- Debido a la acción del viento en la carga en el extremo de la pluma con esta en servicio.
- Debida a la acción del viento con la grúa fuera de servicio.

En todos estos casos, se calculará el momento flector máximo y el esfuerzo cortante máximo. Todos estos cálculos se realizarán considerando las solicitaciones verticales y las solicitaciones horizontales por separado.

### 1.11.2.3 Casos de combinación de solicitaciones.

Se aplican los coeficientes FEM a cada uno de los tres casos de carga y se realizan las combinaciones para el punto más solicitado de la sección, en este caso, el punto A (unión entre pluma y columna),

- Caso 1: Aparato en servicio sin viento:

$$[y_s * (\sigma_1 + C_d * \sigma_2 + (\sigma_3 + \sigma_4))] * C_s$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 * y_s * C_s$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 * y_s * C_s * C_d$$

$$\sigma'_3 = \sigma_3 * y_s * C_s$$

$$\sigma'_4 = \sigma_4 * y_s * C_s$$

$$[y_s * (t_1 + C_d * t_2 + (t_3 + t_4))] * C_s$$

$$t'_1 = t_1 * y_s * C_s$$

$$t'_2 = t_2 * y_s * C_s * C_d$$

$$t'_3 = t_3 * y_s * C_s$$

$$t'_4 = t_4 * y_s * C_s$$

En este caso  $C_s = 1.5$  por normativa

La tensión equivalente vendrá dada por la siguiente formula:

$$\sigma_{equivalente} = \sqrt{(\sigma'_1 + \sigma'_2 + \sigma'_3 + \sigma'_4)^2 + 3(t_1'^2 + t_2'^2 + t_3'^2 + t_4'^2)}$$

- Caso 2: Aparato en servicio con viento.

$$[(\sigma_1 + C_d * \sigma_2 + (\sigma_3 + \sigma_4)) * y_s + (\sigma_5 + \sigma_6)] * C_s$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 * y_s * C_s$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 * y_s * C_s * C_d$$

$$\sigma'_3 = \sigma_3 * y_s * C_s$$

$$\sigma'_4 = \sigma_4 * y_s * C_s$$

$$\sigma'_5 = \sigma_5 * C_s$$

$$\sigma'_6 = \sigma_6 * C_s$$

$$[(t_1 + C_d * t_2 + (t_3 + t_4)) * y_s + (t_5 + t_6)] * C_s$$

$$t'_1 = t_1 * y_s * C_s$$

$$t'_2 = t_2 * y_s * C_s * C_d$$

$$t'_3 = t_3 * y_s * C_s$$

$$t'_4 = t_4 * y_s * C_s$$

$$t'_5 = t_5 * C_s$$

$$t'_6 = t_6 * C_s$$

En este caso  $C_s = 1.33$  por normativa

La tensión equivalente vendrá dada por la siguiente formula:

$$\sigma_{equi} = \sqrt{(\sigma'_1 + \sigma'_2 + \sigma'_3 + \sigma'_4 + \sigma'_5 + \sigma'_6)^2 + 3(t_1'^2 + t_2'^2 + t_3'^2 + t_4'^2 + t_5'^2 + t_6'^2)}$$

- Caso 3. Aparato sometido a solicitaciones excepcionales

Para este tipo de solicitaciones  $C_s = 1.1$  por normativa

I. Viento en tempestad.

$$(\sigma_1 + \sigma_7) * C_s$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 * C_s$$

$$\sigma'_7 = \sigma_7 * C_s$$

$$\sigma_{equivalente} = \sqrt{(\sigma'_1 + \sigma'_7)^2 + 3(t_1'^2 + t_7'^2)}$$



## II. Ensayo estático.

$$(\sigma_1 + \rho_2 * \sigma_2) * C_s$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 * C_s$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 * C_s * \rho_2$$

$$(t_1 + \rho_2 * t_2) * C_s$$

$$t'_1 = t_1 * C_s$$

$$t'_2 = t_2 * C_s * \rho_2$$

$$\sigma_{equivalente} = \sqrt{(\sigma'_1 + \sigma'_2)^2 + 3(t'^2_1 + t'^2_2)}$$

$p_2 = 1,4$  es el coeficiente de mayorización de la carga nominal provista en los ensayos estáticos.

## III. Ensayo dinámico.

$$(\sigma_1 + C_d * \rho_1 * \sigma_2) * C_s$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 * C_s$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 * C_s * \rho_1$$

$$(t_1 + C_d * \rho_1 * t_2) * C_s$$

$$t'_1 = t_1 * C_s$$

$$t'_2 = t_2 * C_s * \rho_1 * C_d$$

$$\sigma_{equivalente} = \sqrt{(\sigma'_1 + \sigma'_2)^2 + 3(t'^2_1 + t'^2_2)}$$

$p_1 = 1,2$  es el coeficiente de mayorización de la carga nominal prevista en los ensayos estáticos.

#### 1.11.2.4 Resolución de cálculos de la pluma.

REACCIONES SOPORTADAS EN LA UNIÓN DE LA PLUMA CON LA COLUMNA			
		Kg	N
Qplu (peso propio de la pluma)		1484	14558,04
Qu (carga útil + accesorios)	Carga útil	12000	117720
	Accesorios	500	4905
Qmet (peso del polipasto)		500	4905
Cd= $\psi$ (coeficiente dinámico)	1,14		
<b>Reacción vertical (<math>R_A</math>)</b>			
$\Sigma F_v = 0 \rightarrow R_A = C_d * (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu}$	159942,24	N	
<b>Momento (<math>M_A</math>)</b>			
$\Sigma M_A = 0 \rightarrow$ $M_A = M_c = C_d * L_{plu} * (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} * (L'_{plu} / 2)$	1072282,05	Nm	
Tabla 17. Reacciones soportadas en la unión de la pluma con la columna (Fuente: Elaboración propia)			

Longitud ' pluma ( $L'_{plu}$ )	7,5	m
Longitud pluma ( $L_{plu}$ )	7	m
Tabla 18. Medidas de la pluma. (Fuente: Elaboración propia)		

DIMENSIONES DEL PERFIL EN LA SECCIÓN CRÍTICA		
<b>Elección del perfil de la pluma (Perfil: HEB 600)</b>		
A	270	cm <sup>2</sup>
Peso por metro viga (P)	212	Kg/m
I <sub>x</sub>	171000	cm <sup>4</sup>
W <sub>x</sub>	5700	cm <sup>3</sup>
I <sub>y</sub>	13530	cm <sup>4</sup>
W <sub>y</sub>	902	cm <sup>3</sup>
Peso de la viga = Peso por metro viga (P) * L <sub>plu</sub>	1484	Kg
Tabla 19. Dimensiones del perfil en la sección crítica. (Fuente: Elaboración propia)		

<b>TENSIONES POR ESFUERZOS VERTICALES EN LA PLUMA</b>		
<b>Debido al peso propio de la pluma</b>		
Peso propio de la pluma $SG=q= F_{plu}/ L'_{plu}$	1941,072	N/m
Momento flector máximo en A: $M_{fmax}=(q \cdot L'_{plu}^2) /2$	54592,65	Nm
Cortante máximo en A: $T_{max}=q \cdot L$	14558,04	N
$\sigma_1=M/W_x$	9,57	N/mm <sup>2</sup>
$t_1=T/A$	0,539	N/mm <sup>2</sup>
<b>Debido a peso carga en servicio más accesorios</b>		
Peso de la carga en servicio y los accesorios (incluido el polipasto): $Q_L= Q_u + Q_{met}$	127530	N
Momento flector máximo en A: $M_{fmax}=Q_L \cdot L_{plu}$	892710	Nm
Cortante máximo en A: $T_{max}=Q \cdot L'_{plu}$	127530	N
$\sigma_2=M/W_x$	156,615	N/mm <sup>2</sup>
$t_2=T/A$	4,723	N/mm <sup>2</sup>
Tabla 20. Tensiones por esfuerzos verticales en la pluma. (Fuente: Elaboración propia)		

<b>TENSIONES POR ESFUERZOS HORIZONTALES EN LA PLUMA</b>		
<b>Fuerzas debidas a la aceleración para el peso propio de la pluma</b>		
$Q_{plu}$ (peso propio de la pluma)	1484	Kg
$m = Q_{plu} / \text{Longitud 'pluma } (L'_{plu})$	197,86	Kg/m
Para el peso propio; $q = F = m \cdot a$	31,658	N/m
Momento flector máximo en A: $M_{fmax}=(q \cdot L'_{plu}^2) /2$	890,4	Nm
Cortante máximo en A: $T_{max}=q \cdot L'_{plu}$	237,44	N
$\sigma_3=M/W_y$	0,987	N/mm <sup>2</sup>
$t_3=T/A$	0,00879	N/mm <sup>2</sup>
<b>Fuerzas debidas a la aceleración para la carga y accesorios</b>		
Peso de la carga en servicio y los accesorios (incluido el polipasto): $F_L=F_u+F_{met}$	127530	N
Peso de la carga en servicio y los accesorios (incluido el polipasto): $m=Q_L=Q_u+Q_{met}$	13000	Kg
Aceleración = a según la tabla	0,16	m/s <sup>2</sup>
Para la carga y accesorios: $F = q =m \cdot a$	2080	N
Momento flector máximo en A: $M_{fmax}=Q \cdot L_{plu}$	14560	Nm
Cortante máximo en A: $T_{max} = q$	2080	N
$\sigma_4=M/W_y$	16,141	N/mm <sup>2</sup>
$t_4=T/A$	0,0770	N/mm <sup>2</sup>
Tabla 21. Tensiones por esfuerzos horizontales en la pluma. (Fuente: Elaboración propia)		



Velocidad de giro (rpm)	0,5	rpm	0,05236	rad/seg
Longitud ' pluma (L'plu) = radio	7,5	m		
Velocidad lineal (m/s) = velocidad angular (rad/s) * radio (m)	0,392	m/s	0,4	m/s
Aceleración = a según la tabla 7	0,16	m/s <sup>2</sup>		
Tabla 22. Cálculos previos para obtener las tensiones por esfuerzos horizontales en la pluma. (Fuente: Elaboración propia)				

Velocidad a obtener (m/s)	Velocidad lenta y velocidad media con carrera larga		Velocidad media y rápida (aplicaciones corrientes)		Velocidad rápida con fuertes aceleraciones	
	Tiempo de aceleración (s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Tiempo de aceleración (s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Tiempo de aceleración (s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )
4			8	0,5	6	0,67
3,15			7,1	0,44	5,4	0,58
2,5			6,3	0,39	4,8	0,52
2	9,1	0,22	5,6	0,35	4,2	0,47
1,6	8,3	0,19	5	0,32	3,7	0,43
1	6,6	0,15	4	0,25	3	0,33
0,63	5,2	0,12	3,2	0,19		
0,4	4,1	0,098	2,5	0,16		
0,25	3,2	0,078				
0,16	2,5	0,064				
Tabla 7: Valores de velocidades y aceleraciones (Miravete & Larrodé, Grúas, 1996)						

<b>TENSIONES DEBIDAS A LA ACCIÓN DEL VIENTO EN TODA LA PLUMA</b>		
<b>Acción del viento en servicio en toda la pluma</b>		
Fuerza viento sobre la pluma en servicio	1589,06	N
$q = \text{Fuerza viento sobre la pluma en servicio} / (L'plu)$	211,875	Nm
Momento flector máximo en A: $M_{fmax} = (q * L'plu^2) / 2$	5958,984	Nm
Cortante máximo en A: $T_{max} = q * (L'plu)$	1589,062	N
$\sigma_5 = M/W_y$	6,606	N/mm <sup>2</sup>
$t_5 = T/A$	0,0588	N/mm <sup>2</sup>
<b>Acción del viento en servicio en la carga en el extremo de la pluma</b>		
Fuerza viento sobre la carga en servicio	1471,5	N
Fuerza viento sobre la carga en servicio = $q$	1471,5	N
Longitud pluma ( $L_{plu}$ )	7	m
Momento flector máximo en A: $M_{fmax} = q * (L_{plu})$	10300,5	Nm
Cortante máximo en A: $T_{max} = Q$	1471,5	N
$\sigma_6 = M/W_y$	11,419	N/mm <sup>2</sup>
$t_6 = T/A$	0,0545	N/mm <sup>2</sup>
<b>Fuerzas horizontales debidas al viento fuera de servicio.</b>		
Fuerza viento sobre la pluma fuera de servicio	5085	N
$q = \text{Fuerza viento sobre la pluma en servicio} / L'plu$	678	Nm
Momento flector máximo en A: $M_{fmax} = (q * L'plu^2) / 2$	19068,75	Nm
Longitud ' pluma ( $L'plu$ )	7,5	m
Cortante máximo en A: $T_{max} = q * L'plu$	5085	N
$\sigma_7 = M/W_y$	21,140	N/mm <sup>2</sup>
$t_7 = T/A$	0,188	N/mm <sup>2</sup>
Tabla 23. Tensiones debidas a la acción del viento en toda la pluma. (Fuente: Elaboración propia)		

<b>RESUMEN DE LOS MOMENTOS Y DE LOS CORTANTES</b>			
	N/mm <sup>2</sup>		N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_1$	9,577657895	$t_1$	0,539186667
$\sigma_2$	156,6157895	$t_2$	4,723333333
$\sigma_3$	0,98713969	$t_3$	0,008794074
$\sigma_4$	16,14190687	$t_4$	0,077037037
$\sigma_5$	6,606412833	$t_5$	0,058854167
$\sigma_6$	11,41962306	$t_6$	0,0545
$\sigma_7$	21,14052106	$t_7$	0,188333333
Tabla 24. Resumen de momentos y cortantes en la pluma. (Fuente: Elaboración propia)			

ESTUDIO DE LOS DIFERENTES CASOS DE SOLICITACIONES EN LA PLUMA				
A continuación, se aplican los coeficientes FEM a cada uno de los casos de carga.				
Caso I. Aparato en servicio sin viento				
Cd (coeficiente dinámico)				1,02
M=y <sub>s</sub> (coeficiente según tipo de grúa)				1,06
Cs (coeficiente de seguridad)				1.5
	σ <sub>i</sub> (MPa)	t <sub>i</sub> (MPa)	σ' <sub>i</sub> (MPa)	t' <sub>1</sub> (MPa)
1	9,577657895	0,539186667	15,22847605	0,8573068
2	156,6157895	4,723333333	253,9994874	7,660302
3	0,98713969	0,008794074	1,569552106	0,013982578
4	16,14190687	0,077037037	25,66563193	0,122488889
σ equivalente		296,7636922 MPa		
Caso II. Aparato en servicio con viento				
Cd (coeficiente dinámico)				1,02
M=y <sub>s</sub> (coeficiente según tipo de grúa)				1,06
Cs (coeficiente de seguridad)				1.33
	σ <sub>i</sub> (MPa)	t <sub>i</sub> (MPa)	σ' <sub>i</sub> (MPa)	t' <sub>1</sub> (MPa)
1	9,577657895	0,539186667	0,539186667	0,760145363
2	156,6157895	4,723333333	4,723333333	6,79213444
3	0,98713969	0,008794074	0,008794074	0,012397886
4	16,14190687	0,077037037	0,077037037	0,108606815
5	6,606412833	0,058854167	0,058854167	0,078276042
6	11,41962306	0,0545	0,0545	0,072485
σ equivalente		287,0829075 MPa		
Caso III. Aparato sometido a solicitaciones excepcionales				
Cd (coeficiente dinámico)				1,02
M=y <sub>s</sub> (coeficiente según tipo de grúa)				1,06
Cs (coeficiente de seguridad)				1.1
a) Aparato fuera de servicio con viento máximo				
	σ <sub>i</sub> (MPa)	t <sub>i</sub> (MPa)	σ' <sub>i</sub> (MPa)	t' <sub>1</sub> (MPa)
1	9,577657895	0,539186667	10,53542368	0,593105333
7	21,14052106	0,188333333	23,25457317	0,207166667
σ equivalente		33,80751342 MPa		

b) Ensayo estático				
	$\sigma_i$ (MPa)	$t_i$ (MPa)	$\sigma'_i$ (MPa)	$t'_1$ (MPa)
1	9,577657895	0,539186667	10,53542368	0,593105333
2	156,6157895	4,723333333	241,1883158	7,273933333
Coeficiente de mayorización de la carga nominal prevista para ensayos estáticos = $\rho_2$				1.4
$\sigma$ equivalente		252,0409226 MPa		
c) Ensayo dinámico				
	$\sigma_i$ (MPa)	$t_i$ (MPa)	$\sigma'_i$ (MPa)	$t'_1$ (MPa)
1	9,577657895	0,539186667	10,53542368	0,593105333
2	156,6157895	4,723333333	210,8674989	6,359496
Coeficiente de mayorización de la carga nominal prevista para ensayos dinámicos = $\rho_1$				1.1
$\sigma$ equivalente		221.6791353 MPa		
Tabla 25. Estudio de los diferentes casos de solicitaciones en la pluma. (Fuente: Elaboración propia)				

<b>RESUMEN DE LAS SOLICITACIONES CALCULADAS ANTERIORMENTE</b>	
Casos y condiciones de servicio	Solicitaciones (Mpa)
Caso I. Aparato en servicio sin viento	296,76
Caso II. Aparato en servicio con viento	287,08
Caso III. Aparato sometido a solicitaciones excepcionales	-
a) Aparato fuera de servicio con viento máximo	33,80
b) Ensayo estático	252,04
c) Ensayo dinámico	221,679
Tabla 26. Resumen de las diferentes solicitaciones en la pluma (Fuente: Elaboración propia)	

El material escogido para la construcción de la pluma es S355 cuya tensión de límite elástico es  $\sigma_y = 355$  MPa y por lo tanto:

$$\sigma \text{ equivalente} = 355 \text{ MPa} > 296,7636922 \text{ MPa}$$

Llegamos a la conclusión de que es un perfil válido.

### 1.11.3 Dimensionamiento de la columna.

#### 1.11.3.1 Planteamiento de la columna.

La columna de la grúa está solicitada a compresión y flexión debido al peso de toda la estructura, a la carga y a los aparatos de accionamiento.

El momento máximo que se da en la parte superior de la columna se

extiende por toda ella y la carga vertical que proviene de la pluma se va sumando al peso propio de la columna y del mecanismo de giro.

Por lo tanto, los esfuerzos que debe soportar la columna son:

- I. Esfuerzos producidos por el peso propio de la pluma.
  - II. Esfuerzos producidos por la carga en el extremo más alejado de la pluma.
  - III. Esfuerzos producidos por el viento con la grúa en servicio sobre la pluma, la carga y columna
- Hipótesis de viento más desfavorable.

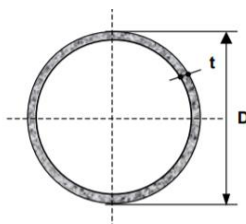
Se han estudiado dos hipótesis de viento para ver cuál de las dos es más crítica:

- Hipótesis de viento 1: Viento paralelo a la pluma.
- Hipótesis de viento 2: Viento perpendicular a la pluma.

Tras los cálculos pertinentes, se ha comprobado que no hay una hipótesis de viento más desfavorable que la otra, ya que la peor combinación de cargas para el dimensionamiento de la columna es cuando la grúa está en funcionamiento sin viento debido a que la norma considera un coeficiente de seguridad mayor. Esto es, el viento no influye en la peor combinación, por lo que da igual con qué hipótesis de viento hacer los cálculos.

- Tipo de perfil:

Tubos de acero  
Sección Circular  
IRAM-IAS  
U 500-218  
U 500-2592



D = Diámetro exterior  
t = Espesor de pared  
p = Área exterior por metro lineal  
A = Sección bruta  
g = Peso por metro lineal  
I = Momento de Inercia  
S = Módulo elástico resistente  
r = Radio de giro  
Z = Módulo plástico  
J = Módulo de Torsión  
C = Constante torsional

D	t	p	Ag	g	I	S	r	Z	J	C
[mm]	[mm]	[m <sup>2</sup> /m]	[cm <sup>3</sup> ]	[Kg/m]	[cm <sup>4</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	[cm]	[cm <sup>3</sup> ]	[cm <sup>4</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]
762	7.92	2.39	187.63	147.29	133377.3	3500.7	26.66	4504.7	266754.5	7070.7
	9.53	2.39	225.28	176.85	159472.8	4185.6	26.61	5397.4	318945.6	8471.7
	12.70	2.39	298.96	234.68	209870.9	5508.4	26.50	7132.5	419741.7	11194.8
	15.87	2.39	372.00	292.02	258984.2	6797.5	26.39	8838.1	517968.5	13870.9

Figura 8: Perfil de la columna seleccionada (Fuente: Prontuario perfil circular hueco)



ELECCIÓN DEL PERFIL DE LA COLUMNA		
Diámetro exterior (D)	762	mm
Diámetro interior (d)	746,13	mm
Radio exterior (R)	381	mm
Radio interior (r)	365,13	mm
Espesor (t)	15,87	mm
Altura de la columna (h)	6500	mm
Área de la corona circular = $\pi \cdot (R^2 - r^2)$	37199,85968	mm <sup>2</sup>
m=Densidad de acero*A	292,0188985	kg/m
Volumen = $\pi \cdot h \cdot (R^2 - r^2)$	241799087,9	mm <sup>3</sup>
Qcolumna= Volumen* Densidad acero	1898,12284	kg
Módulo de torsión J= I <sub>tor</sub> = $(\pi/2) \cdot (R^4 - r^4)$	5179725516	mm <sup>4</sup>
Momento de inercia: I	2589862758	mm <sup>4</sup>
W <sub>x</sub> = W <sub>y</sub> = S Modulo elástico resistente	6797,5	cm <sup>3</sup>
Densidad acero	7850	Kg/m <sup>3</sup>
Tabla 27: Especificaciones perfil de la columna (Fuente: Elaboración propia)		

Como el rodamiento de gran diámetro irá situado en la parte superior de la columna, este deberá encajar perfectamente. Es por ello que el diámetro exterior de la columna deberá coincidir con el diámetro interior del rodamiento.

- Determinación de solicitaciones en la columna

El cálculo de las tensiones por solicitaciones en la columna se calculará según los esfuerzos.

- Debido al peso propio de la columna, la pluma y sus accesorios.
- Debido al momento flector que transmite la pluma sobre la columna. Debido a la acción del viento en toda la columna con esta en servicio.
- Debido a las fuerzas horizontales debidas al viento con la grúa fuera de servicio.
- Debido a la acción del viento en la parte superior de la columna con la grúa en servicio. Debida a la acción del viento en la parte superior de la columna con la grúa fuera de servicio.

En todos estos casos, se calculará el momento flector máximo, el esfuerzo normal máximo y el cortante máximo, según cada situación. Se considerarán las solicitaciones verticales y las solicitaciones horizontales por separado.

### 1.11.3.2 Casos de combinación de solicitaciones.

Al igual que en el caso de la pluma, se aplican los coeficientes FEM a cada uno de los tres casos de carga:

- Caso I. Aparato en servicio sin viento,

$$[(\sigma_1 + \sigma_2)) * y_s] * C_s$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 * y_s * C_s$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 * y_s * C_s$$

$$[(t_1 + t_2)) * y_s] * C_s$$

$$t'_1 = t_1 * y_s * C_s$$

$$t'_2 = t_2 * y_s * C_s * C_d$$

En este caso  $C_s = 5$  por normativa

La tensión equivalente vendrá dada por la siguiente formula:

$$\sigma_{equivalente} = \sqrt{(\sigma'_1 + \sigma'_2)^2 + 3(t'^2_1 + t'^2_2)}$$

- Caso II. Aparato en servicio con viento.

$$[(\sigma_1 + \sigma_2)) * y_s + (\sigma_3 + \sigma_5)] * C_s$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 * y_s * C_s$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 * y_s * C_s$$

$$\sigma'_3 = \sigma_3 * C_s$$

$$\sigma'_5 = \sigma_5 * C_s$$

$$[(t_1 + t_2)) * y_s + (t_3 + t_5)] * C_s$$

$$t'_1 = t_1 * y_s * C_s$$

$$t'_2 = t_2 * y_s * C_s$$

$$t'_3 = t_3 * y_s * C_s$$

$$t'_5 = t_5 * C_s$$

En este caso  $C_s = 1.33$  por normativa

La tensión equivalente vendrá dada por la siguiente formula:



$$\sigma_{equi} = \sqrt{(\sigma'_1 + \sigma'_2 + \sigma'_3 + \sigma'_5)^2 + 3(t_1'^2 + t_2'^2 + t_3'^2 + t_5'^2)}$$

- Caso III. Aparato sometido a solicitaciones excepcionales.

En estos casos  $C_s = 1.1$  por normativa

- Viento con tempestad.

$$[(\sigma_1 + \sigma_4 + \sigma_6))] * C_s$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 * C_s$$

$$\sigma'_4 = \sigma_4 * C_s$$

$$\sigma'_6 = \sigma_6 * C_s$$

$$[(t_1 + t_4 + t_6))] * C_s$$

$$t'_1 = t_1 * C_s$$

$$t'_4 = t_4 * C_s$$

$$t'_6 = t_6 * C_s$$

La tensión equivalente vendrá dada por la siguiente formula:

$$\sigma_{equi} = \sqrt{(\sigma'_1 + \sigma'_4 + \sigma'_6)^2 + 3(t_1'^2 + t_4'^2 + t_6'^2)}$$

- Ensayo estático

$$(\sigma_1 + \rho_2 * \sigma_2) * C_s$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 * C_s$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 * C_s * \rho_2$$

$$(t_1 + \rho_2 * t_2) * C_s$$

$$t'_1 = t_1 * C_s$$

$$t'_2 = t_2 * C_s * \rho_2$$

$$\sigma_{equivalente} = \sqrt{(\sigma'_1 + \sigma'_2)^2 + 3(t_1'^2 + t_2'^2)}$$

$p_2 = 1.4$  es el coeficiente de mayorización de la carga nominal provista en los ensayos estáticos.

iii. Ensayo dinámico.

$$(\sigma_1 + \rho_1 * \sigma_2) * C_s$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 * C_s$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 * C_s * \rho_1$$

$$(t_1 + \rho_1 * t_2) * C_s$$

$$t'_1 = t_1 * C_s$$

$$t'_2 = t_2 * C_s * \rho_1$$

$$\sigma_{equivalente} = \sqrt{(\sigma'_1 + \sigma'_2)^2 + 3(t'^2_1 + t'^2_2)}$$

$p_1 = 1.2$  es el coeficiente de mayorización de la carga nominal provista en los ensayos dinámicos.

### 1.11.3.3 Pandeo en la columna.

La columna de la grúa está sometida a compresión y aun momento flector y puede verse afectada por una flexión lateral o pandeo que puede provocar un siniestro en la grúa.

. En este caso es muy importante calcular la relación entre la longitud de la columna y su esbeltez para asegurar su resistencia al efecto de pandeo.

Para realizar este cálculo se ha utilizado el método w. en el cual la tensión en la sección crítica no debe superar  $\sigma_{adm}$  del material. En nuestro caso se trata de una barra empotrada con un extremo libre, por tanto:  $L_p = 2 * \text{longitud de la barra}$ . Se debe verificar que:

$$\sigma = \frac{w * F}{A} + \frac{M_b}{W_b} \leq \sigma_{adm}$$

El coeficiente de pandeo  $w$ , depende de la esbeltez mecánica  $\lambda$ , del tipo de acero de la barra y de la sección  $A$  de la barra.

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
20	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	20
30	1,08	1,09	1,09	1,1	1,1	1,11	1,11	1,12	1,13	1,13	30
40	1,14	1,14	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,19	1,2	40
50	1,21	1,22	1,23	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	50
60	1,3	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,39	1,4	60
70	1,41	1,42	1,44	1,45	1,46	1,48	1,49	1,5	1,52	1,53	70
80	1,55	1,56	1,58	1,59	1,61	1,62	1,64	1,66	1,68	1,69	80
90	1,71	1,73	1,74	1,76	1,78	1,8	1,82	1,84	1,86	1,88	90
100	1,9	1,92	1,94	1,96	1,98	2	2,02	2,05	2,07	2,09	100
110	2,11	2,14	2,16	2,18	2,21	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39	110
120	2,43	2,47	2,51	2,55	2,6	2,64	2,68	2,72	2,77	2,81	120
130	2,85	2,9	2,94	2,99	3,03	3,08	3,12	3,17	3,22	3,26	130
140	3,31	3,36	3,41	3,45	3,5	3,55	3,6	3,65	3,7	3,75	140
150	3,8	3,85	3,9	3,95	4	4	4,11	4,16	4,22	4,27	150
160	4,32	4,38	4,43	4,49	4,54	4,6	4,65	4,71	4,77	4,82	160
170	4,88	4,94	5	5,05	5,11	5,17	5,23	5,29	5,35	5,41	170
180	5,47	5,53	5,59	5,66	5,72	5,78	5,84	5,91	5,97	6,03	180
190	6,1	6,16	6,23	6,29	6,36	6,42	6,49	6,55	6,62	6,69	190
200	6,75	6,82	6,89	6,96	7,03	7,1	7,17	7,24	7,31	7,38	200
210	7,45	7,52	7,59	7,66	7,73	7,81	7,88	7,95	8,03	8,1	210
220	8,17	8,25	8,32	8,4	8,47	8,55	8,63	8,7	8,78	8,86	220
230	8,93	9,01	9,09	9,17	9,25	9,33	9,41	9,49	9,57	9,65	230
240	9,73	9,81	9,89	9,97	10,05	10,14	10,22	10,3	10,39	10,47	240
250	10,55										250

Valores intermedios no necesitan ser interpolados

Figura 9: Tabla de coeficientes de pandeo  $w$  (Fuente: NORMA DIN 4114)

La esbeltez mecánica se define como:

$$\lambda = \frac{l}{i_{min}}$$

Siendo  $i$  el radio de giro de la sección definido como:

$$i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}}$$

Siendo:

$A$  = área transversal del perfil tubular

$l$  = longitud de pandeo = 2 \* longitud de la columna

$I_{min}$  = momento de inercia a flexión de la columna

El perfil de la columna es tubular por lo que  $I_{min} = I_y = I_z$ .

Para encontrar  $w$  se calcula primero la esbeltez mecánica y se busca el valor en las tablas de coeficientes.

Como ya se ha visto en el cálculo de la pluma y la columna el caso más desfavorable es el caso de la grúa en servicio sin viento. Por tanto, se utilizará el valor  $C_s = 1.5$

Deberá cumplirse que  $\sigma \leq \sigma_{adm}$  para que la columna resista el esfuerzo a pandeo.

#### 1.11.3.4 Resolución de cálculos en la columna.

REACCIONES SOPORTADAS EN LA UNIÓN DE LA COLUMNA CON EL SUELO			
Reacción vertical (Rc)			
		Kg	N
Qplu (peso propio de la pluma)		1484	14558,04
Qcol (peso propio de la columna)		1898,12	18620,58
Qu (carga útil + accesorios)	Carga útil	12000	117720
	Accesorios	500	4905
Qmg (peso del mecanismo de giro)		100	981
Qmet (peso del polipasto)		500	4905
Cd= $\psi$ (coeficiente dinámico)	1,14		
Reacción vertical (Rc)			
$\Sigma F_v = 0 \rightarrow$ $R_c = C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}$	179543,8251		N
Momento (Mc)			
$\Sigma M_c = 0 \rightarrow$ $M_c = C_d \cdot L_{plu} (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} \cdot (L'_{plu} / 2)$	1072282,05		N
Tabla 28. Reacciones en la unión de la columna con el suelo. (Fuente: Elaboración propia)			

Longitud ' pluma (L'plu)	7,5	m
Longitud pluma (Lplu)	7	m
Tabla 18. Medidas de la pluma. (Fuente: Elaboración propia)		

DIMENSIONES DEL PERFIL EN LA SECCIÓN CRÍTICA		
El perfil viene determinado por el rodamiento de giro		
<b>ELECCIÓN DEL PERFIL DE LA COLUMNA</b> (Perfil tubular circular hueco)		
Diámetro exterior (D)	762	mm
Diámetro interior (d)	746,13	mm
Radio exterior (R)	381	mm
Radio interior (r)	365,13	mm
Espesor (t)	15,87	mm
Altura de la columna (h)	6500	mm
Área de la corona circular = $\pi \cdot (R^2 - r^2)$	37199,85968	mm <sup>2</sup>
m=Densidad de acero*A	292,0188985	kg/m
Volumen= $\pi \cdot h \cdot (R^2 - r^2)$	241799087,9	mm <sup>3</sup>
Qcolumna= Volumen* Densidad acero	1898,12284	kg
Módulo de torsión J= Itor= $(\pi/2) \cdot (R^4 - r^4)$	5179725516	mm <sup>4</sup>
Momento de inercia: I	2589862758	mm <sup>4</sup>
Wx = Wy = S Modulo elástico resistente	6797,5	cm <sup>3</sup>
Densidad acero	7850	Kg/m <sup>3</sup>
Tabla 29. Dimensiones del perfil de la columna en la sección crítica. (Fuente: Elaboración propia)		

CÁLCULO DE LAS TENSIONES POR SOLICITACIONES VERTICALES EN LA COLUMNA		
<b>Debido al peso propio de la columna, pluma y accesorios</b>		
Rc: en este caso ya se ha considerado el coeficiente dinámico Cd	179543,82	N
Esfuerzo normal máximo en C: Nmáx = Q = Rc	179543,82	N
$\sigma_1 = \text{Nmáx}/A$	4,826	N/mm <sup>2</sup>
t1	0	N/mm <sup>2</sup>
<b>Momento flector transmitido a la columna desde la pluma</b>		
Momento flector máximo en C: Mc en este caso ya se ha considerado el coeficiente dinámico Cd	1072282,05	Nm
$\sigma_2 = M/W_x$	0,157	N/mm <sup>2</sup>
t2	0	N/mm <sup>2</sup>
Tabla 30. Cálculo de las tensiones por solicitaciones verticales en la columna. (Fuente: Elaboración propia)		

<b>CÁLCULOS DE LAS TENSIONES POR SOLICITACIONES HORIZONTALES EN LA COLUMNA</b>		
En este caso sólo hay que considerar las producidas por el viento		
<b>Acción del viento en servicio en toda la columna</b>		
Fuerza en la columna con la grúa en servicio = $q \cdot A \cdot C_f$	7957,625	daN
$q$ = Fuerza en la columna con la grúa fuera de servicio / $h$	122,425	N/m
Momento flector máximo en A: $M_{f\max} = (q \cdot L^2) / 2$	2586,228	Nm
Siendo $h = L$ = la altura de la columna a la cimentación.	6,5	m
Cortante máximo en A: $T_{\max} = q \cdot L$	795,76	N
$\sigma_3 = M/W_y$	0,38	Nmm <sup>2</sup>
$t_3 = T/A$	0,0213	Nmm <sup>2</sup>
<b>Fuerzas horizontales debidas al viento fuera de servicio.</b>		
Fuerza en columna con grúa fuera de servicio = $q \cdot A \cdot C_f$	254,644	daN
$q$ = Fuerza en columna con la grúa fuera de servicio / $h$	391,76	N/m
Momento flector máximo en A: $M_{f\max} = (q \cdot L^2) / 2$	8275,93	Nm
Siendo $h = L$ = la altura de la columna a la cimentación.	6,5	m
Cortante máximo en A: $T_{\max} = q \cdot L$	2546,44	N
$\sigma_4 = M/W_y$	1,217	N/mm <sup>2</sup>
$t_4 = T/A$	0,0684	N/mm <sup>2</sup>
<b>Acción del viento en servicio la parte superior de la columna</b>		
Momento torsor máximo en la sección A:		
$M_{t\max} = \text{fuerza del viento en servicio pluma} \cdot (L'_{plu}/2) + \text{fuerza viento en servicio carga} \cdot (L_{plu})$	1625,948	Nm
$\sigma_5$	0	N/mm <sup>2</sup>
$t_5 = (M_{t\max} \cdot r_{\max}) / (I_{tor} = I_o)$	0,119	N/mm <sup>2</sup>
radio max = diámetro de la columna exterior / 2	381	mm
Fuerza viento sobre la pluma en servicio = $q \cdot A \cdot C_f$	158,9	daN
Fuerza viento sobre la carga en servicio = $q \cdot A \cdot C_f$	147,15	daN
$I_{tor} = I_o$	5179725516	mm <sup>4</sup>
<b>Acción del viento fuera de servicio la parte superior de la columna</b>		
Momento torsor máximo en la sección A, por viento fuera de servicio.		
$M_{t\max} = \text{Fuerza viento sobre la pluma fuera de servicio} \cdot (L'_{plu} / 2)$	19068,75	Nm
$\sigma_6$	0	N/mm <sup>2</sup>
$t_6 = (M_{t\max} \cdot r_{\max}) / (I_{tor} = I_o)$	1,40	N/mm <sup>2</sup>
radio max = diámetro de la columna exterior / 2	381	mm
Fuerza viento sobre la pluma fuera de servicio = $q \cdot A \cdot C_f$	508,5	daN
$I_{tor} = I_o$	5179725516	mm <sup>4</sup>
Tabla 31. Cálculo de las tensiones por solicitaciones horizontales en la columna. (Fuente: Elaboración propia)		



RESUMEN DE LOS MOMENTOS Y CORTANTES EN LA COLUMNA			
	N/mm <sup>2</sup>		N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_1$	4,826465116	t1	0
$\sigma_2$	0,157746532	t2	0
$\sigma_3$	0,380467543	t3	0,021391546
$\sigma_4$	1,217496138	t4	0,068452946
$\sigma_5$	0	t5	0,119598298
$\sigma_6$	0	t6	1,40262138
Tabla 32. Resumen de momentos y cortantes en la columna. (Fuente: Elaboración propia)			

ESTUDIO DE LOS DIFERENTES CASOS DE SOLICITACIONES EN LA COLUMNA				
A continuación, se aplican los coeficientes FEM a cada uno de los casos de carga.				
Caso I. Aparato en servicio sin viento				
Cd (coeficiente dinámico)				1,02
M=y <sub>s</sub> (coeficiente según tipo de grúa)				1,06
Cs (coeficiente de seguridad)				1.5
	σ <sub>i</sub> (MPa)	t <sub>i</sub> (MPa)	σ' <sub>i</sub> (MPa)	t' <sub>1</sub> (MPa)
1	4,826465116	0	7,674079535	0
2	0,157746532	0	0,250816986	0
σ equivalente		7,92489652 MPa		
Caso II. Aparato en servicio con viento				
Cd (coeficiente dinámico)				1,02
M=y <sub>s</sub> (coeficiente según tipo de grúa)				1,06
Cs (coeficiente de seguridad)				1.33
	σ <sub>i</sub> (MPa)	t <sub>i</sub> (MPa)	σ' <sub>i</sub> (MPa)	t' <sub>1</sub> (MPa)
1	4,826465116	0	7,674079535	0
2	0,157746532	0	0,250816986	0
3	0,380467543	0,021391546	0,506021832	0,028450756
4	1,217496138	0,068452946	1,619269864	0,091042419
5	0	0,119598298	0	0,159065736
6	0	1,40262138	0	1,865486435
σ equivalente		8,435562716 MPa		
Caso III. Aparato sometido a solicitaciones excepcionales				
Cd (coeficiente dinámico)				1,02
M=y <sub>s</sub> (coeficiente según tipo de grúa)				1,06
Cs (coeficiente de seguridad)				1.1

a) Aparato fuera de servicio con viento máximo				
	$\sigma_i$ (MPa)	$t_i$ (MPa)	$\sigma'_i$ (MPa)	$t'_1$ (MPa)
1	4,826465116	0	5,309111628	0
4	1,217496138	0,068452946	1,339245752	0
6	0	1,40262138	0	0,0235307
$\sigma$ equivalente		6,648482303 MPa		
b) Ensayo estático				
	$\sigma_i$ (MPa)	$t_i$ (MPa)	$\sigma'_i$ (MPa)	$t'_1$ (MPa)
1	4,826465116	0	5,309111628	0
2	0,157746532	0	0,242929659	0
$\sigma$ equivalente		5,552041287 MPa		
c) Ensayo dinámico				
	$\sigma_i$ (MPa)	$t_i$ (MPa)	$\sigma'_i$ (MPa)	$t'_1$ (MPa)
1	4,826465116	0	5,309111628	0
2	0,157746532	0	0,208225422	0
$\sigma$ equivalente		5,51733705 MPa		

Tabla 33. Estudio de los diferentes casos de solicitaciones en la columna.  
(Fuente: Elaboración propia)

<b>RESUMEN DE LAS SOLICITACIONES CALCULADAS ANTERIORMENTE</b>	
Casos y condiciones de servicio	Solicitaciones (MPa)
Caso I. Aparato en servicio sin viento	7,92
Caso II. Aparato en servicio con viento	8,435
Caso III. Aparato sometido a solicitaciones excepcionales	-
a) Aparato fuera de servicio con viento máximo	6,648
b) Ensayo estático	5,552
c) Ensayo dinámico	5,517
Tabla 34. Resumen de las solicitaciones de la columna. (Fuente: Elaboración propia)	

El material escogido para la construcción de la columna es acero S355 debido a que esta debe soportar también esfuerzos de pandeo. Es necesario la elección de un material que nos proporcione una mayor seguridad. La tensión de límite elástico de este material es  $\sigma_y = 355$  MPa y por lo tanto:

$$\sigma_y = 355 \text{ MPa} > \sigma \text{ equivalente.}$$

Llegamos a la conclusión de que es un perfil válido.

COMPROBACIÓN DE PANDEO EN LA COLUMNA		
L longitud de pandeo = 2 · longitud de la columna (empotramiento parte inferior)	13	m
$\sigma =(w \cdot F) / A+ M_b / W_b \leq \sigma_{adm}$		
$\lambda = L / i_{min}$	49,26921331	
$i_{min} = \sqrt{(I_{min}/A)}$	263,8564557	
A = área transversal del perfil tubular	37199,85968	mm <sup>2</sup>
El perfil de la columna es tubular por lo que Imin = Iy = Iz. momento de inercia a flexión de la columna	2589862758	mm <sup>4</sup>
El caso más desfavorable es el caso de la grúa en servicio sin viento. Por tanto, utilizaremos Cs	1,5	
M=ys	1,06	
Mc=Ma	1072282,05	Nmm
Mb = Mc * ys	1136618,973	Nm
Wy = Wb	6797,5	cm <sup>3</sup>
F = Ncmax * ys	190316,4546	N
Ncmax = Rc	179543,8251	N
adm = $\sigma_e / C_s$	236,6666667	MPa
$\sigma =(w \cdot F) / A+ M_b / W_b$	173,4017479	MPa
$\sigma_e$	355	MPa
W (según la tabla)	1,21	
Tabla 35. Comprobación de pandeo en la columna. (Fuente: Elaboración propia)		

Se cumple que  $\sigma \leq \sigma_{adm}$  por tanto soportará el esfuerzo a pandeo

#### 1.11.4 Dimensionamiento de la cimentación y el anclaje.

##### 1.11.4.1 Dimensionamiento de la zapata.

La misión de la cimentación es transmitir adecuadamente las cargas de la estructura al terreno que le da soporte.

La cimentación actúa como elemento de transición entre:

- Un medio conocido, homogéneo y artificial, con elevadas tensiones de trabajo (hormigón armado).
- Un medio cambiante, heterogéneo y natural, con bajas tensiones de trabajo (terreno).

Para la realización de los cimientos, se ha optado por la opción de cimentación superficial o directa (son aquellas que se apoyan en las capas superficiales o poco profundas del suelo) y, dentro de esta, se ha optado por zapata aislada.

#### 1.11.4.2 Planteamiento de la cimentación.

Para el dimensionamiento del macizo de anclaje o zapata de la grúa se han utilizado ecuaciones propias para este tipo de grúas extraídas del libro *Grúas*, de E. Larrodé y A. Miravete, en el cual se describe el procedimiento de cálculo de la cimentación de la grúa de columna fija.

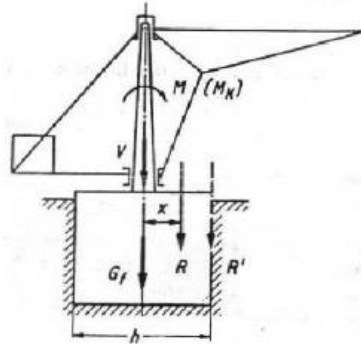


Figura 10: Planteamiento de la cimentación. (Fuente: (Miravete & Larrodé, Grúas, 1996))

Tal como se ve en la figura, sobre la zapata de un peso propio  $G_f$  y longitud  $h$  de la superficie de base que se supone cuadrada, actúa la fuerza vertical  $V$  como suma de todos los pesos propios de la grúa, la carga, así como el momento  $M$ , que resulta del estado de servicio con carga normal y viento ordinario, de las condiciones de vuelco, con las sobrecargas y presiones de viento prescritas en la normativa FEM.

La distancia a la que actúan las fuerzas verticales la llamaremos  $x$ , por tanto, el momento  $M$  resultante:

$$M = R * x$$

Es decir, la excentricidad con la que actuarán las fuerzas sobre la zapata será:

$$x = M/R$$

La presión en el terreno  $p$  depende de la magnitud de la excentricidad  $x$  y de la posición del pescante o pluma, en este caso y, por tanto, las presiones producidas en el terreno cambiarán en función de estas dos variables. Se calculará para dos posiciones de la pluma, tal y como se aprecia en la siguiente figura.

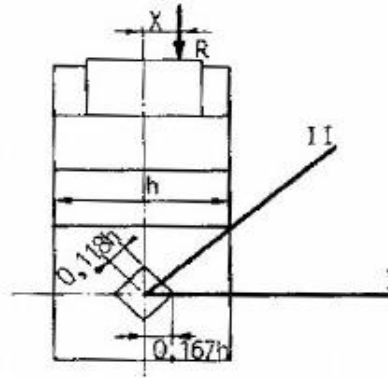


Figura 11. Exposición de la cimentación. (Fuente: (Miravete & Larrodé, Grúas, 1996))

Por tanto, se definen, en función de  $x$  y de la posición de la pluma, cuatro presiones del terreno:

- i. Posición I. Pluma paralela a uno de los lados del macizo, la fuerza incide dentro del núcleo de la sección ( $x < 0,167 \cdot h$ )

$$p1 = \frac{R}{a^2} * \left( 1 + 6 * \frac{x}{a} \right)$$

- ii. Posición I. Pluma paralela a uno de los lados del macizo, la fuerza incide fuera del núcleo de la sección ( $x > 0,167 \cdot h$ )

$$p2 = \frac{R}{a^2} * \left( \frac{4}{3 - 6 * \frac{x}{a}} \right)$$

Aquí se tiene en cuenta que la superficie de la base solo puede transmitir tensiones de compresión, pero no de tracción.

- iii. Posición II. Pluma en diagonal, la fuerza incide dentro del núcleo de la sección ( $x < 0,118 \cdot h$ )

$$p3 = \frac{R}{a^2} * \left( 1 + 8,5 * \frac{x}{a} \right)$$

- iv. Posición II. Pluma en diagonal, la fuerza incide fuera del núcleo de la sección ( $x > 0.118 \cdot h$ ), solo fuerzas de compresión.

$$p^4 = \frac{R}{a^2} * \left( \frac{4}{0.7 - 1.7 * \frac{x}{a}} \right)$$

La presión  $p$  debe ser siempre mayor de cero, asegurando así la estabilidad de la grúa, y a su vez menor que la presión admisible del terreno.

Clase de terreno	p <sub>máx</sub> en Kg/ cm <sup>2</sup>
<b>Terraplén, terreno no apisonado artificialmente, según sus propiedades. Terreno de tierra suelta, firme</b>	0 a 1
a) Arena fina y semigruesa hasta un tamaño de 1 mm	2
b) Arena gruesa, tamaño de grano de 1 a 3 mm	3
c) Gravilla con 1/3 por lo menos de su volumen ocupado por grava, y con grava hasta 70 mm de tamaño de grano.	4
<b>Terreno de tierra fuerte (arcilla roja y blanca y marga)</b>	
a) Blando (francamente plástico)	0,4
b) Consistente (poco plástico)	0,8
c) Semifirme	1,5
d) Duro	3
<b>Roca fuerte poco resquebrajada, en buen estado, no modificada por los agentes atmosféricos y favorablemente estratificada. Cuando el resquebrajamiento sea mayor o la estratificación desfavorable, hay que reducir los valores en más de la mitad.</b>	
a) En una sucesión apretada de capas (Gres esquistoso, piedra calcárea, mármol, marga compacta, dolomía, esquisto cristalino)	
a.1) De menor resistencia mecánica	10
a.2) De constitución firme (más de 50 kg/cm <sup>2</sup> de resistencia a la compresión)	15
b) En formación de masa o especial (granito, sienita, diorita, pórfido, diabasa, basalto, andesita, gneis)	20

Tabla 36: Presiones admisibles en el terreno (Fuente: Norma DIN 1054)

La presión admisible del terreno debe ser superior a 0 kg/cm<sup>2</sup>. En el caso de una presión admisible inferior a 0 kg/cm<sup>2</sup>, se considera que no es un terreno apropiado para realizar una cimentación capaz de soportar la estructura y cargas que actúan sobre la grúa. En dicho caso, se tiene que realizar una zanja y se rellenará con una capa de cemento pobre (resistencia a la compresión de 100-150 kg/cm<sup>2</sup>).

### ***Presión máxima sobre el terreno en función de las dimensiones de la zapata***

Para el cálculo de la presión máxima, en primer lugar, se ha de estimar la altura de la zapata. Para una primera aproximación, se ha considerado una profundidad de  $h = 110$  cm. Con este valor, se halla el lado de la zapata (de longitud razonable comparada con la altura) que según las condiciones más desfavorables produzca una presión en el terreno como máximo de 2 kg/cm<sup>2</sup> y, a su vez, mayor que 0 kg/cm<sup>2</sup>.

Como se ha comprobado para este caso que, en comparación con el canto, la anchura de la zapata es algo grande, se ha aumentado la altura de la misma hasta 130 cm.

El peso de la zapata  $Q_z$  varía según las dimensiones de esta. Por esta razón, los valores de  $R$  y  $x$  varían con cada valor de  $a$  (lado de la zapata). Considerando una profundidad inicial de zapata y un hormigón HA-25 ( $\gamma_s = 2500$  kg/cm<sup>3</sup>), se hallará el peso de cada zapata para diferentes valores de  $h$  y se calcularán las presiones resultantes para cada caso

### ***Momento flector por la acción del viento respecto de la base de la zapata***

#### **a) Caso con carga y viento de servicio**

Este momento se calcula sumando los momentos provocados por el viento en cada elemento:

$$M_{vA} = M_{vcolA} + M_{vca}$$

Donde:

$M_{vcolA}$  = Momento flector debido a la acción del viento en servicio sobre la columna.

$M_{vc}$  = Momento flector debido a la acción del viento en servicio sobre la carga.

b) Caso con viento fuera de servicio

En este caso, no se considera la fuerza del viento sobre la carga, ya que la grúa está fuera de servicio, es decir, no hay carga.

$$M_{vB} = M_{vcolB}$$

Donde:

$M_{vcol}$  = Momento flector debido a la acción del viento fuera de servicio sobre la columna.

**Determinación de combinaciones de solicitaciones**

Como se ha indicado más arriba para el dimensionamiento de la pluma y de la columna, la fórmula general de cálculo es:

$$[M * (S_G + \Psi * S_L + S_H) + S_W] * C_S$$

Donde:

$S_G$  = solicitaciones verticales debidas al peso de la estructura

$C_d = \Psi$  = coeficiente dinámico

$S_L$  = solicitaciones verticales debidas a la carga y accesorios

$M = \gamma_s$  = coeficiente según tipo de grúa

$S_W = S_H$  = solicitaciones debidas a la acción del viento

$C_s$  = coeficiente de seguridad

Hay diferentes casos de solicitaciones:

a) Caso I: En servicio sin viento

R y M se calcularán como:

$$R = [C_d * (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}] + Q_z$$

$$M = [C_d * L_{plu} * (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} * (L'_{plu}/2)] * C_s * \gamma_s$$

b) Caso II. En servicio con viento

R y M se calcularán como:

$$R = [C_d * (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}] + Q_z$$

$$M = [C_d * L_{plu} * (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} * (L'_{plu}/2) * \gamma_s + M_{vA}] * C_s$$

c) Caso III. Fuera de servicio con viento máximo.

R y M se calcularán como

$$R = (Q_{met} + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}) + Q_z$$

$$M = [(Q_{met} * L_{plu}) + Q_{plu} * (L'_{plu}/2) * \gamma_s + M_{vB}] * C_s$$



### **Acciones sobre la zapata:**

La sollicitación de la base de la zapata al terreno será la calculada para la situación más desfavorable, esto es, en servicio sin viento. Los valores del momento de vuelco y la suma de fuerzas verticales, teniendo en cuenta el peso de la zapata, son:

#### **Acciones mayoradas:**

$$\text{Esfuerzo axial: } N = R_C = [C_d * (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}] + Q_z$$

$$\text{Momento de vuelco: } M_c = M = [C_d * L_{plu} * (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} * (L'_{plu}/2)] * C_s * y_s$$

$$\text{Esfuerzo cortante: } V = (F_{volA} + F_{vCA}) * C_s$$

#### **Acciones sin mayorar:**

$$\text{Esfuerzo axial: } N = R_C = [C_d * (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}] + Q_z$$

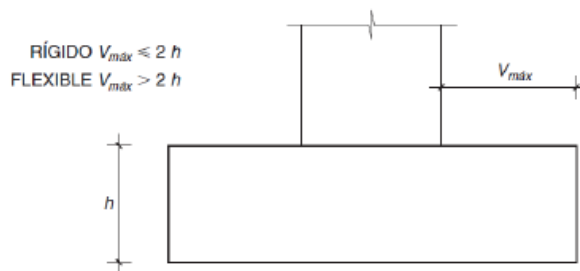
$$\text{Momento de vuelco: } M_c = M = [C_d * L_{plu} * (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} * (L'_{plu}/2)]$$

$$\text{Esfuerzo cortante: } V = (F_{volA} + F_{vCA})$$

#### **1.11.4.3 comprobación en el diseño de la zapata.**

##### **Consideraciones de vuelo máximo:**

Según la relación entre sus dimensiones, las zapatas se clasifican en rígidas y flexibles.

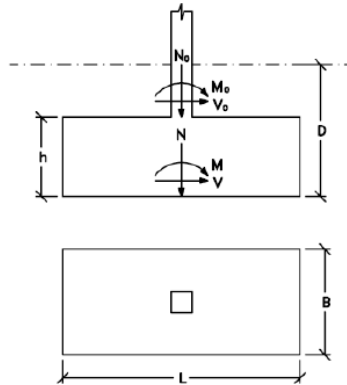


**Figura 12: Zapata rígida / flexible.** (Fuente: (Miravete & Larrodé, Los transportes en la ingeniería industrial (teoría), 2002))

Nuestra zapata se considera flexible

### **Verificación de la estabilidad del cimiento**

Sea la zapata con las dimensiones y situación que se indica en la siguiente figura, sometida a los esfuerzos en la base de la columna  $N_0$ ,  $M_0$  y  $V_0$ :



*Figura 13: Comprobación de la estabilidad estructural. (Fuente: (Miravete & Larrodé, Los transportes en la ingeniería industrial (teoría), 2002))*

Se estudia la superficie de contacto entre la zapata y el suelo. En esta superficie actúan:

$$N = N_0 + Qz$$

$$M = M_0 + V_0 * h$$

$$V = V_0$$

Siendo  $N_0$ ,  $Q_0$  y  $M_0$  los esfuerzos, sin mayorar, a los que está sometida la columna en su base.

Hay que destacar que en los cálculos no se considerará el peso del terreno sobre el cimiento por ser un valor estabilizador que puede no existir accidentalmente.

Las comprobaciones de la estabilidad estructural de la zapata que se deben realizar son las siguientes:

- Seguridad frente al hundimiento o rotura del terreno de cimentación.
- Seguridad frente al deslizamiento.
- Seguridad al vuelco

### Comprobación de la seguridad frente al hundimiento

La distribución de tensiones bajo una zapata no es uniforme ni igual según la rigidez de la zapata y la naturaleza del suelo, tal y como se puede ver en la figura siguiente

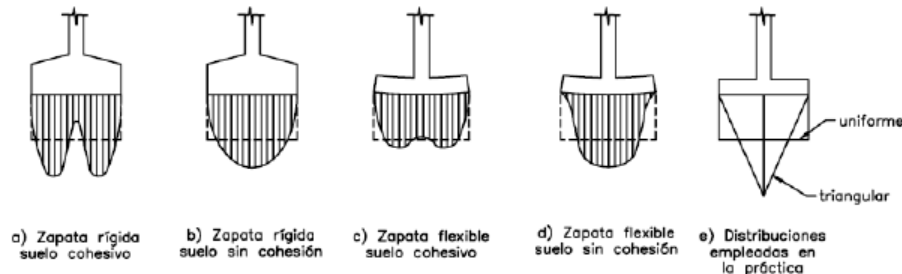


Figura 14: Casos de distribución de tensiones bajo una zapata. (Fuente: (Miravete & Larrodé, Los transportes en la ingeniería industrial (teoría), 2002))

En la práctica, para evitar cálculos complejos, se adoptan distribuciones uniformes o lineales.

Pueden presentarse los siguientes casos:

a)  $e = M/N = 0$

Siendo  $e$  la excentricidad de la carga axial.

Corresponde a una distribución uniforme de tensiones con  $\sigma_c = N / L \cdot B$

b)  $e = M/N \leq L/6$

Corresponde a una distribución trapecial de tensiones con:

$$\sigma_{\max} = N / L \cdot B \cdot (1 + 6 \cdot e / L)$$

$$\sigma_{\min} = N / L \cdot B \cdot (1 - 6 \cdot e / L)$$

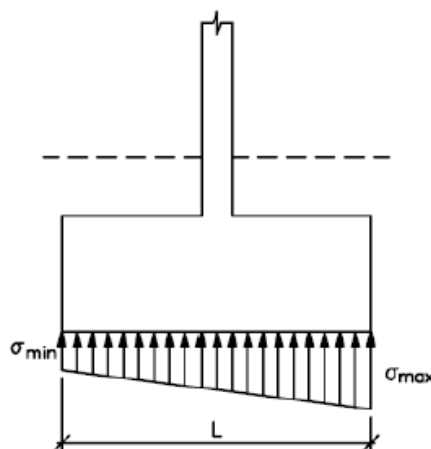
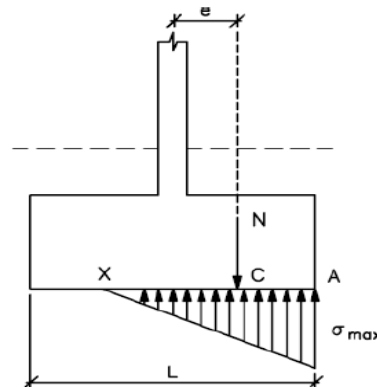


Figura 15: Distribución trapecial de tensiones. (Fuente: (Miravete & Larrodé, Los transportes en la ingeniería industrial (teoría), 2002))

**c)  $e = M/N > L/6$**

Corresponde a una distribución triangular de tensiones con una zona comprimida y una traccionada. Como no puede haber tracción entre el hormigón y el terreno, se acepta que se produce una redistribución de tensiones de forma que se produzca un equilibrio de esfuerzos.



*Figura 16: Distribución triangular de tensiones. (Fuente: (Miravete & Larrodé, Los transportes en la ingeniería industrial (teoría), 2002))*

En todos estos casos deberá cumplirse  $\sigma_{\max} \leq 1,25 \cdot \sigma_{adm}$

**Comprobación de la seguridad frente al deslizamiento**

Los resultados del estudio geotécnico han determinado que el terreno es arena semigruesa.

El coeficiente de seguridad al deslizamiento se determinará mediante la siguiente expresión (caso de terrenos arenosos):

$$C_{sd} = \frac{N * tg\theta}{V}$$

Siendo:

$\theta_d = 3/4 \cdot \theta$ , el ángulo de rozamiento zapata-terreno.

Donde  $\theta$  es el ángulo de rozamiento interno del terreno, parámetro que define la fricción o fuerza de rozamiento existente entre las partículas del terreno, expresado en grados

Clase de suelo	Valores de cálculo	
	Angulo de rozamiento $\phi$ (grados)	Es (t/m <sup>2</sup> )
a) Arena suelta, redondeada	30	2000-5000
b) Arena suelta, angulosa	32,5	4000-8000
c) Arena semidensa, redondeada	32,5	5000-10000
d) Arena semidensa, angulosa	35	8000-15000
e) Grava con arena	37,5	10000-20000
f) Grava gruesa, angulosa	40	15000-30000

Tabla 37: Características medias de los suelos. (Fuente: Elaboración propia)

### **Comprobación de la seguridad frente al vuelco**

En este apartado, habrá que tener en cuenta las acciones que favorecen el vuelco y las acciones que le hacen contra. Se plantearán las ecuaciones de equilibrio estático respecto al punto de vuelco de la zapata (A).

Por tanto, tomando momentos respecto al borde en la base de la zapata y debiendo cumplirse que el coeficiente de estabilidad:

$$C_{SV} = \frac{N * L/2}{M} \geq 1.5$$

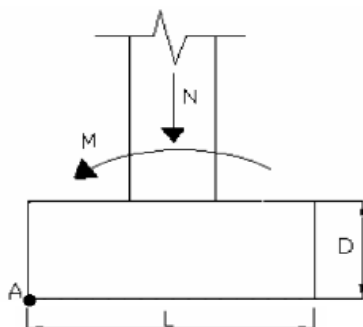


Figura 17: Estabilidad al vuelco. (Fuente: (Miravete & Larrodé, Los transportes en la ingeniería industrial (teoría), 2002))

#### 1.11.4.4 Resolución de cálculos de dimensionamiento de la zapata.

SOLICITACIONES PRINCIPALES			
Solicitaciones debidas a la carga de servicio		Kg	N
Qc= carga útil + accesorios	Carga útil	12000	117720
	Accesorios	500	4905
Qc= carga útil + accesorios		12500	122625
Solicitud debida al peso propio de los elementos			
		Kg	N
Peso de la pluma (Qplu)		1484	14558,04
Peso de la columna (Qcol)		1898,122	18620,585
Peso del polipasto (mecanismo de elevación y traslación) (Qpol)		500	4905
Peso mecanismo de giro (Qmg)		100	981
Peso propio de los elementos (Qg)		3982,12	39064,625
Tabla 12. Solicitaciones principales. (Fuente: Elaboración propia)			

DATOS NECESARIOS PARA EL CÁLCULO DE LA ZAPATA		
h (estimación de la profundidad de la zapata)	130	cm
Densidad hormigón armado ( $\rho$ )	2500	kg/m <sup>3</sup>
Longitud ' pluma (L'plu)	7,5	m
Longitud pluma (Lplu)	7	m
Cd= $\psi$ (coeficiente dinámico)	1,14	
Densidad hormigón armado ( $\rho$ )	2500	kg/m <sup>3</sup>
Dimensionamiento de la zapata		
h (estimación de la profundidad de la zapata)	130	cm
Densidad hormigón armado ( $\rho$ )	2500	kg/m <sup>3</sup>
Tabla 38. Datos necesarios para el cálculo de la zapata. (Fuente: Elaboración propia)		

<b>CÁLCULO DE LA ZAPATA PARA DIFERENTES CASOS DE SOLICITACIONES</b>	
<b>Caso 1. En servicio sin viento</b>	
$C_d = \psi$ (coeficiente dinámico)	1,14
$M = y_s$	1,06
$C_s$ (coeficiente de seguridad por normativa)	1,5
$M = [C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)] \cdot y_s \cdot C_s$	1655139,963 Nm
$R = [C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}] + Q_z$	depende de a

a (cm) sección cuadrada	$Q_z$ (N)	R (Kg)	$X = M/R$ (m)	P1 (kg/cm <sup>2</sup> )	P2 (kg/cm <sup>2</sup> )	P3 (kg/cm <sup>2</sup> )	P4 (kg/cm <sup>2</sup> )
200	127530	31802,12284	5,30529584	13,44902832	-0,2462248	18,72151801	-0,20870
300	286942,5	48052,12284	3,511180361	4,283238476	-0,5309444	5,845457643	-0,41399
400	510120	70802,12284	2,382974736	2,024260174	-3,0812355	2,683321385	-1,41484
500	797062,5	100052,1228	1,686317743	1,210062907	1,639495385	1,547502247	3,159907422
600	1147770	135802,1228	1,242393465	0,845893869	0,858504134	1,041171265	1,084024614
620	1225563,3	143732,1228	1,173848035	0,798671235	0,802380459	0,975653871	0,988825438
640	1305907,2	151922,1228	1,110566828	0,757072298	0,757393026	0,917975914	0,91579855
660	1388801,7	160372,1228	1,052051111	0,720279249	0,720621559	0,866994047	0,858156241
680	1474246,8	169082,1228	0,99785635	0,687613365	0,690078577	0,821759754	0,811615723
700	1562242,5	178052,1228	0,947585838	0,658508128	0,664364948	0,781481649	0,773341827
720	1652788,8	187282,1228	0,900885079	0,632488132	0,642467542	0,745495885	0,741383506

<b>Caso 2. En servicio con viento</b>		
$C_d = \psi$ (coeficiente dinámico)	1,14	
$M = y_s$	1,06	
$C_s$ (coeficiente de seguridad por normativa)	1,33	
$M = ((C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)) \cdot y_s + M_{va}) \cdot C_s$	1514718,693	N m
$R = (C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}) + Q_z$	depende de a	
Momento flector por la acción del viento respecto de la base de la zapata		
$M_{vA} = M_{vcolA} + M_{vCA}$	2267,262	N
$M_{vcolA}$ = Momento flector debido a la acción del viento en servicio sobre la columna	795,762	N
$M_{vC}$ = Momento flector debido a la acción del viento en servicio sobre la carga	1471,5	N

a (cm) sección cuadrada	Qz (N)	R (Kg)	X= M/R (m)	P1 (kg/cm <sup>2</sup> )	P2 (kg/cm <sup>2</sup> )	P3 (kg/cm <sup>2</sup> )	P4 (kg/cm <sup>2</sup> )
200	127530	31802,12284	4,855197121	2,37547121	-0,27497187	17,20064544	-0,23200239
300	286942,5	48052,12284	3,213293526	3,965147482	-0,62325861	5,394828734	-0,47633911
400	510120	70802,12284	2,180804319	1,890065536	-6,52658847	2,493212314	-1,95075686
500	797062,5	100052,1228	1,543251366	1,141355253	1,394335207	1,450166403	2,283063132
600	1147770	135802,1228	1,136989408	0,806132495	0,809932312	0,984842651	0,99834623
620	1225563,3	143732,1228	1,074259339	0,762634946	0,762934134	0,92460246	0,922228396
640	1305907,2	151922,1228	1,016346878	0,724309936	0,724713141	0,871562567	0,862500646
660	1388801,7	160372,1228	0,962795606	0,69040594	0,69310174	0,824673526	0,814508576
680	1474246,8	169082,1228	0,913198703	0,66029917	0,666586379	0,783064645	0,775199871
700	1562242,5	178052,1228	0,867193116	0,633468895	0,644078574	0,746009402	0,742490153
720	1652788,8	187282,1228	0,824454427	0,609478078	0,624775809	0,712898307	0,714907914

### Caso 3. Fuera de servicio con viento máximo

Cd= $\psi$ (coeficiente dinámico)	1,14	
M=y <sub>s</sub>	1,06	
Cs (coeficiente de seguridad por normativa)	1,1	
M = ((Q <sub>met</sub> * L <sub>plu</sub> ) + Q <sub>plu</sub> * (L´plu/2)) * y <sub>s</sub> +M <sub>vB</sub> ) * Cs	94264,409	Nm
R = (Q <sub>met</sub> + Q <sub>col</sub> + Q <sub>plu</sub> + Q <sub>mg</sub> ) + Q <sub>z</sub>	depende de a	
Caso con viento fuera de servicio		
M <sub>vB</sub> = M <sub>vvcolB</sub>	2546,44	N
M <sub>vcol</sub> = momento flector debido a la acción del viento fuera de servicio sobre la columna	2546,44	N

a (cm) sección cuadrada	Qz (N)	R (Kg)	X= M/R (m)	P1 (kg/cm <sup>2</sup> )	P2 (kg/cm <sup>2</sup> )	P3 (kg/cm <sup>2</sup> )	P4 (kg/cm <sup>2</sup> )
200	127530	31802,12284	0,302150022	1,515728981	1,519052512	1,81601061	1,794003701
300	286942,5	48052,12284	0,199970606	0,747446079	0,821385237	0,836418413	0,910052246
400	510120	70802,12284	0,135716441	0,532597756	0,632969901	0,57013296	0,688929061
500	797062,5	100052,1228	0,096040062	0,44633175	0,554929508	0,465549774	0,599701301
600	1147770	135802,1228	0,070757452	0,403919819	0,51512036	0,415041361	0,55478635
620	1225563,3	143732,1228	0,066853616	0,398103972	0,509539106	0,408183581	0,548525483
640	1305907,2	151922,1228	0,063249591	0,392896904	0,504510052	0,402060772	0,54289225
660	1388801,7	160372,1228	0,059916973	0,388217604	0,49996263	0,396573383	0,537805387
680	1474246,8	169082,1228	0,056830444	0,383997974	0,495837212	0,39163795	0,533196396
700	1562242,5	178052,1228	0,053967411	0,380180447	0,49208313	0,3871841	0,529007206
720	1652788,8	187282,1228	0,051307685	0,376716113	0,48865711	0,38315219	0,525188319

TABLA 39: CÁLCULO DE LA ZAPATA PARA DIFERENTES CASOS DE SOLICITACIONES



Observando los tres casos que hemos estudiado se deduce que el caso más limitante para la zapata es el caso 1 (En servicio y sin viento). Por lo que a priori nuestra zapata de tendrá unas dimensiones de 620x620x130 cm.

COMPROBACIÓN DEL DISEÑO DE LA ZAPATA		
Instrucción EHE sobre zapatas rígidas		
<b>Comprobación del vuelo máximo</b>		
a	620	cm
h	130	cm
Diámetro exterior de la columna (D)	762	mm
$V_{\max} = (a-D)/2$	271,9	cm
$0,5 \cdot h$	65	cm
$2 \cdot h$	260	cm
Como $V_{\max} > 2 \cdot h \Rightarrow$ Zapata flexible		
<b>Acciones sobre la zapata</b>		
Se calcula para la situación más desfavorable $\Rightarrow$ En servicio sin viento		
$Q_z = VolZ \cdot \rho$ hormigón armado	124930	Kg
<i>Mayoradas</i>		
Momento de vuelco $M = M_c = [C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)] \cdot y_s \cdot C_s$	1626974,496	Nm
Esfuerzo axial $N = R_c = [C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}] + Q_z$	1374429,623	N
<i>Sin mayorar</i>		
Momento de vuelco $M_c = M = [C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)]$	1023254,4	Nm
Esfuerzo axial $N = R_c = [C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}] + Q_z$	1374429,623	N
<b>Comprobación de la estabilidad estructural</b>		
Seguridad frente al hundimiento (Acciones mayoradas)		
$e = M/N$	0,744	m
a	620	cm
a/6	103,33	cm
L/6	0.103	m
Como $e = M/B > L/6 \Rightarrow$ distribución triangular de tensiones con una zona comprimida y una traccionada		
$A_X = (3 \cdot a) / 2 - 3 \cdot e$	7,066	m
$\sigma = (4N) / (3 \cdot ((a - 2 \cdot e) \cdot a))$	62741,56	N/m <sup>2</sup>
$\sigma_{adm}$	300	KN/m <sup>2</sup>
$1,25 \cdot \sigma_{adm}$	375	KN/m <sup>2</sup>
$\sigma \leq 1,25 \cdot \sigma_{adm}$	Correcto	

<b>Seguridad frente al deslizamiento (Acciones mayoradas)</b>		
$\varphi$ (TABLA)	35	Grados
$\varphi_d = (2/3) * \varphi$	23,33	Grados
$\text{tg}\varphi_d$	0,43	
$V = (F_{vcolA} + F_{vca}) * C_s$	3400,89	N
$C_{sd} = (N * \text{tg}\varphi_d)/V$	173,779	
$C_{sd} \geq 1,5$	se cumple	
$C_s$	1,5	
<b>Seguridad al vuelco (Acciones sin mayorar, estabilizadoras)</b>		
$C_{sv} = [N * (a/2)]/M$	4,163	
$C_{sv} \geq 1,5$	Se cumple	
Tabla 40. Comprobación del dimensionamiento de la zapata (Fuente: Elaboración propia)		

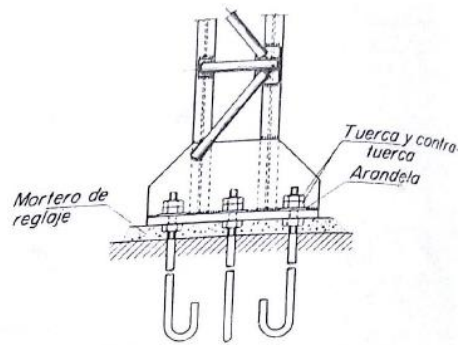
<b>DIMENSIONES FINALES DE LA ZAPATA</b>		
a (lado de la zapata)	620	cm
h (profundidad o altura de la zapata)	130	cm
Tabla 41. Dimensiones finales de la zapata. (Fuente: Elaboración propia)		

#### 1.11.4.5 Anclaje de la columna de la grúa.

El pilar o columna transmite las cargas al terreno a través de un macizo o zapata de hormigón, en este caso, armado. Como las tensiones de trabajo del hormigón de cimientos, en torno a los 50 kg/cm<sup>2</sup>, son muy inferiores a las del acero, alrededor de los 1400 kg/cm<sup>2</sup>, es necesario realizar el asiento por medio de placas, con rigidez suficiente (conseguida generalmente con cartelas) para repartir las cargas, de manera que la presión sobre el hormigón no rebase el valor admisible.

Para unir la columna con la zapata de cimentación se pueden utilizar el siguiente sistema:

La unión con la zapata se efectúa mediante pernos de anclaje con sus correspondientes tuercas embebidos en el hormigón; descansando, provisionalmente, el pilar con su placa de asiento incorporada sobre las tuercas. Una vez aplomado y nivelado el pilar, desplazando adecuadamente las tuercas situadas bajo la placa de asiento, se vierte una capa de 5 a 10 cm de mortero de cemento, ejecutado con arena fina, para cuya compactación se deja en la placa de asiento taladros de unos 50 mm de diámetro. La columna se fija a la zapata apretando las tuercas de los anclajes.



*Figura 18: Unión mediante pernos de anclaje. (Fuente: (Miravete & Larrodé, Los transportes en la ingeniería industrial (teoría), 2002))*

Una vez efectuado el montaje de la estructura, se inmovilizan los anclajes, por picado de rosca, punto de soldadura o cualquier otro sistema adecuado.

### **Placa de anclaje**

#### **Consideraciones generales**

Para el cálculo del hormigón y acero de la zapata se adoptan las solicitaciones de servicio mayoradas, y las resistencias de los mismos minoradas.

Se considerará una placa de anclaje cuadrada.

Para los pernos de anclaje, se utilizará un acero B 500 S con una resistencia característica de  $f_{yd} = 500$  MPa, siendo su resistencia de cálculo:

$$\sigma_{adma} = f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$$

#### **Acciones sobre la placa de anclaje**

Para dimensionar la placa de anclaje de la grúa se considerarán las solicitaciones de la zapata.

Las acciones para el cálculo de la placa se cogerán de la hipótesis de carga más desfavorable.

Como se ha visto anteriormente, las solicitaciones de la zapata para la situación más desfavorable (grúa en servicio sin viento) son:

$$\text{Esfuerzo axial: } N = R_c = [C_d * (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}] + Q_z$$

$$\text{Momento de vuelco: } M_c = M = [C_d * L_{plu} * (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} * (L'_{plu}/2)] * C_s * \gamma_s$$

### ***Cálculo de las dimensiones de la placa***

Las dimensiones de la placa de asiento son función de la sollicitación que transmite el pilar o columna y de la tensión admisible del hormigón de la zapata.

Sobre la sección de arranque de la columna actúa un momento flector  $M$  y una fuerza axial  $N$ . La placa de asiento ha de tener unas dimensiones tales que, supuesta una hipótesis de reparto de presiones, éstas no superen la tensión admisible del hormigón.

Si la excentricidad de la carga es tal, que se sitúa dentro del núcleo central de la placa de asiento, los anclajes no soportan ninguna sollicitación de tracción, lo que hace su presencia innecesaria; no obstante, por razones constructivas, siempre se deben disponer.

Para predimensionar el lado de la placa se toma normalmente, por buena práctica constructiva, un vuelo de la placa de entre 100 y 200 mm.

En este caso, como la placa es cuadrada:

$$a = b = a' + 2 * b'$$

Siendo,  $a'$  el diámetro de la columna y  $b'$  el vuelo de la placa.

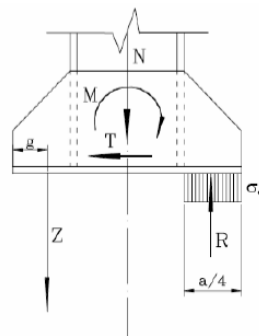
A continuación, se debe comprobar que la placa no transmite a la zapata una presión o tensión mayor que la que el hormigón puede soportar.

A tal efecto, se calcula en primer lugar la excentricidad de los esfuerzos en la base del pilar.

Esto dará una idea del tipo de distribución de esfuerzos que se puede asemejar el caso a estudio.

La excentricidad será entonces:

$$e = M/N$$



*Figura 19: Ley de repartición uniforme en una zona de la placa. (Fuente: (Miravete & Larrodé, Los transportes en la ingeniería industrial (teoría), 2002))*

Para que las medidas del predimensionamiento sean válidas, se habrá de cumplir:

$$\sigma_c \leq \sigma_{adm} = f_{cd}$$

Para la determinación de la tensión aplicada sobre el hormigón, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\sigma_c = \frac{N^* \cdot \left( e + \frac{a}{2} - g \right)}{\frac{a}{4} \cdot b \cdot \left( 7 \cdot \frac{a}{8} - g \right)}$$

Donde:

$M^*$  = momento flector mayorado.

$N^*$  = axial mayorado.

$a$  = longitud mayor de la placa.

$b$  = longitud menor de la placa (en este caso, al tratarse de una placa cuadrada,  $b = a$ ).

$g$  = distancia al extremo próximo de la placa de los anclajes ( $g = 0,15 \cdot a$ ).

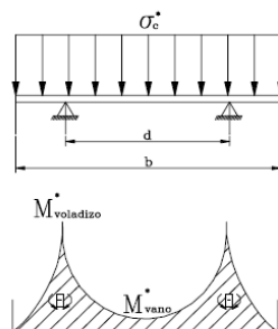
Las acciones mayoradas serán las siguientes (combinación más desfavorable):

$$\text{Esfuerzo axial: } N = R_c = [C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}] + Q_z$$

$$\text{Momento de vuelco: } M_c = M = [C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)] \cdot C_s \cdot \gamma_s$$

### **Cálculo del espesor de la placa de anclaje**

El espesor de la placa de asiento  $t$  debe ser el necesario para resistir la presión  $\sigma_c^*$ , suponiendo que la placa está perfectamente apoyada en las cartelas, o elementos de rigidez que se dispongan. Así, el espesor  $t$  se fija fraccionando la placa en rebanadas de 1 cm de ancho y suponiendo que cada una de estas rebanadas se comporta como una viga cuyos apoyos coinciden con las cartelas.



*Figura 20: Aproximación viga apoyada sobre cartelas. (Fuente: (Miravete & Larrodé, Los transportes en la ingeniería industrial (teoría), 2002))*

Por tanto, se supondrá que la viga está apoyada sobre las cartelas y con esto, se calculará el espesor mínimo para la placa. Los cálculos se harán por trozos de 1cm y se calcularán los momentos máximos, tanto en el voladizo como en el vano.

Se cogerá el mayor valor de los dos, debiendo cumplirse que la tensión de la placa debida al momento flector sea menor que el límite de fluencia del acero.

$$\sigma' = \frac{M'_{voladizo} * y}{I_{LN}}$$

Siendo:

$y = t/2$  (distancia desde la línea neutra hasta la fibra más traccionada o comprimida).

$I_{LN} = b \cdot t^3/12 = t^3/12$  (momento de inercia respecto a la línea neutra).

$$\sigma' = \frac{6 * M'_{voladizo}}{1 * t^2} \leq \sigma_f$$

Siendo  $\sigma_f$  = tensión de fluencia del material de la placa.

Y despejando el espesor

$$t = \sqrt{\frac{6 * M'_{voladizo}}{\sigma_f}}$$

### **Pernos de anclaje.**

La función de los pernos es aguantar las tracciones que produce el momento de la zapata fijando la placa de anclaje al hormigón.

El esfuerzo de tracción total a resistir por los anclajes viene dado por la ecuación:

$$Z = -N' + \frac{[M' + N' * (0.5 * a - g)]}{0.875 * a - g}$$

En este caso, habrá que introducir el valor de las acciones mayoradas para la situación más desfavorable, es decir, con la grúa en servicio y sin viento.

La sollicitación a la tracción de cada perno tendrá que ser menor que dicha sollicitación, esto es:

$$Z \leq 0.8 * n * \sigma_1 * At$$

Donde:

$n$  = número de pernos solicitados a tracción.

$\sigma_t$  = resistencia de cálculo del tornillo o perno.

$$\sigma_t = f_{yk}/\gamma_s$$

$A_t$  = área resistente del tornillo o perno.

Se colocarán un total de doce pernos en la placa de anclaje, con lo cual, dependiendo del sentido de las acciones, solo seis de ellos podrían soportar tracciones.

Por tanto, al área resistente de cada tornillo será:

$$A_t \geq Z/(0.8 * n * \sigma_t)$$

Con el valor de esta área se buscará en la tabla 24 un tornillo cuyo valor de área resistente sea inmediatamente superior.

Diámetro mayor nominal d (mm)	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso p (mm)	Área de esfuerzo de tensión At (mm²)	Área del diámetro menor Ar (mm²)	Paso p (mm)	Área de esfuerzo de tensión At (mm²)	Área del diámetro menor Ar (mm²)
1,6	0,35	1,27	1,07			
2	0,4	2,07	1,79			
2,5	0,45	3,39	2,98			
3	0,5	5,03	4,47			
3,5	0,6	6,78	6			
4	0,7	8,78	7,75			
5	0,8	14,2	12,7			
6	1	20,1	17,9			
8	1,25	36,6	32,8	1	39,2	36
10	1,5	58	52,3	1,25	61,2	56,3
12	1,75	84,3	76,3	1,25	92,1	86
14	2	115	104	1,5	125	116
16	2	157	144	1,5	167	157
20	2,5	245	225	2	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3,5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4,5	1120	1050	2	1260	1230
48	5	1470	1380	2	1670	1630
56	5,5	2030	1910	2	2300	2250
64	6	2680	2520	2	3030	2980
72	6	3460	3280	2	3860	3800
80	6	4340	4140	1,5	4850	4800
90	6	5590	5360	2	6100	6020
100	6	6990	6740	2	7560	7470
110				2	9180	9080
*Las ecuaciones y los datos utilizados para elaborar esta tabla se obtuvieron de la norma ANSI B1.1-1974 y B18.3.3-1978.						
Tabla 42. Diámetros y áreas de roscas métricas de paso grueso y fino. (Fuente elaboración)						



## Longitud de anclaje del perno

Las longitudes básicas de anclaje dependen, entre otros factores, de la posición que ocupa la barra en la cimentación. En este caso en concreto, la barra ocupa una posición, de adherencia buena, para las armaduras que durante el hormigonado forman con la horizontal un ángulo comprendido entre  $45^\circ$  y  $90^\circ$  o, que en el caso de formar un ángulo inferior a  $45^\circ$ , están situadas en la mitad inferior de la sección o a una distancia igual o mayor a 30 cm de la cara superior de una capa de hormigonado.

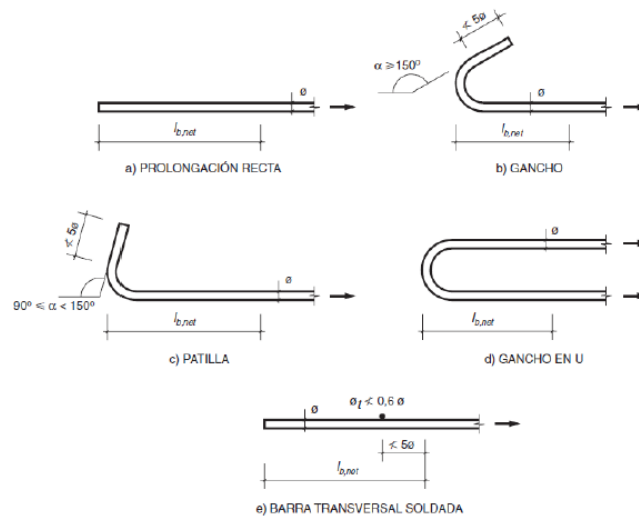


Figura 21: Longitud del perno de anclaje (Miravete & Larrodé, Los transportes en la ingeniería industrial (teoría), 2002)

Por lo tanto, la expresión de la longitud básica de anclaje es:

$$l_b = m * \Phi^2 \geq (f_{yk}/20) * \Phi$$

Donde:

$\Phi$  = diámetro de la barra en mm.

$f_{yk}$  = límite elástico del acero en N/mm<sup>2</sup>.

$m$  = coeficiente numérico dado por la tabla de la EHE (Tabla 17). Se obtiene a partir de ensayos de adherencia de barras en hormigón. Viene ordenado en función del tipo de acero.

Resistencia característica del hormigón (N/mm <sup>2</sup> )	m	
	B 400 S	B 500 S
	B 400 SD	B 500 SD
25	1,2	1,5
30	1	1,3
35	0,9	1,2
40	0,8	1,1
45	0,7	1
>50	0,7	1

Tabla 43: Coeficientes m. (Fuente: UNE-EN 10080)

Tipo de anclaje	Tracción	Compresión
Prolongación recta	-1	1
Patilla, gancho y gancho en U	0,7(*)	1
Barra transversal soldada	0,7	0,7

(\*) Si el recubrimiento de hormigón perpendicular al plano de doblado es superior a 3φ. En caso contrario B=1

Tabla 44. Valores de β (Fuente: UNE-EN 10080)

La longitud neta de anclaje se define como:

$$I_{b\text{neto}} = I_b * \beta * (A_s / A_{s\text{real}})$$

Donde:

β = factor de reducción definido en la tabla 14.

A<sub>S</sub> = área de la sección de la armadura a tracción.

A<sub>Sreal</sub> = área real del acero.

El área de la armadura a tracción es el área resistente de todos los tornillos que están trabajando a tracción, esto es:

$$A_s = n * A_t$$

La sección real del acero vendrá dada por:

$$A_{s\text{real}} = \frac{\pi * \Phi^2}{4} * n$$

Según la EHE, la longitud neta de anclaje definida no puede adoptar valores inferiores al mayor de los tres siguientes:

- 10 \* Φ
- 15 cm
- la tercera parte de la longitud básica de anclaje para barras traccionadas y dos tercios de dicha longitud para barras comprimidas.

CÁLCULO DEL ANCLAJE DE LA COLUMNA		
Dimensionamiento de la placa de anclaje (cuadrada)		
Mayoradas		
Momento de vuelco M= Mc = [Cd·Lplu·(Qu+Qmet) + Qplu·(L'plu/2)]·ys·Cs	1626974,496	Nm
Esfuerzo axial N = Rc = [Cd·(Qu+Qmet) + Qcol+ Qplu+ Qmg]+Qz	1374429,623	N
Hormigón		
fck (HA-25) (tabla)	25	N/mm <sup>2</sup>
yc	1,5	
σadmh = fcd = fck/yc	16,66	N/mm <sup>2</sup>
Cálculo de las dimensiones de la placa		
vplaca (100 mm < v < 200 mm). Debemos estimar	150	mm
a' = Dcol	762	mm
b' = vplaca	150	mm
a1 = b1 = a'+2·b'	1062	mm
e =M/N	1,183	m
a1/2	531	mm
e > a1/2	VERDADERO	
yf (coeficiente de mayoración de acciones)	1,5	
N´=N*yf	2061644,434	N
M´=M*yf	2440461,744	Nm
g=0,15*a1	159,3	mm
σc´=[N´·(e+0,5·a1-g)]/[0,25·a1·b1·(0,875·a1-g)]	14,77	N/mm <sup>2</sup>
σc < fcd	VERDADERO	
Cálculo del espesor de la placa		
b1=a1	106,2	cm
d (diámetro columna)	76,2	cm
M`voladizo=(b1-d)² /8σc´	16939,494	kg*cm
M`voladizo=b1*(2d-b1) /8σc´	92347,346	kg*cm
Escogemos el M´ mayor	92347,346	kg*cm
σf (límite de fluencia del acero)	2600	kg*cm
Espesor t=√(6*M´voladizo/σf)	14,59826223	cm
Tabla 45. Cálculo del anclaje de la columna. (Fuente: elaboración propia)		

PERNOS DE ANCLAJE		
Diámetro de los pernos		
N´	2061644,43	N
M´	2440461,74	Nm
a1	1062	mm
g	150	mm
Z=-N´+[(M´+N´*(0,5*a1g))/(0,875*a1-g)]	2078167,274	N
Acero		
f <sub>yk</sub> (B500S)	500	N/mm²
y <sub>s</sub>	1,15	
σ <sub>adma</sub> = f <sub>yd</sub> = σ <sub>t</sub> = f <sub>yk</sub> /y <sub>s</sub>	434,782	N/mm²
Si se colocan 12 pernos, y suponiendo que según la posición solo 6 de ellos soportan tracción		
n	6 pernos a tracción	
At ≥ Z/(0,8*n*σ <sub>t</sub> )	995,788	mm²
Se busca un tornillo cuya área resistente sea inmediatamente superior		
At (TABLA)	1120	mm²
Tornillo M (TABLA)	42	mm
Longitud de anclaje		
m (TABLA)	1,5	
Φ (diámetro de la barra)	32	mm
f <sub>yk</sub>	500	N/mm²
l <sub>b</sub> = m·φ²	1536	mm
f <sub>yk</sub> *φ/20	800	mm
f <sub>yk</sub> *φ/20 ≤ l <sub>b</sub>	VERDADERO	
n	6 pernos a tracción	
At	5,61	cm²
β(TABLA)	0,7	
As = n*At	22,44	Cm
As <sub>real</sub> = (π*φ² *n) /4	3216,99087	Mm
l <sub>b</sub> neta= l <sub>b</sub> *β* As/A <sub>real</sub>	75,0001753	Cm
10*φ	320	mm
15	15	cm
l <sub>b</sub> /3	512	mm
Mayor	512	mm
l <sub>b</sub> neta ≥ 51,20 cm	VERDADERO	
Tabla 46. Pernos de anclaje. (Fuente: Elaboración propia)		

### 1.11.5 Elección del rodamiento de gran diámetro.

#### 1.11.5.1 Introducción.

El rodamiento de giro de gran diámetro, que irá situado en la parte superior de la columna, se trata de un elemento de máquina compuesto por dos aros concéntricos; el aro exterior fijo a la parte móvil de la máquina, en este caso, a la pluma, y otro interior fijo a la parte fija de la máquina, en este caso, a la columna. Los aros interiores y/o exteriores pueden o deben ir mecanizados con un dentado, dependiendo de la necesidad de uso.

Los grandes rodamientos de HOESCH ROTHE ERDE son elementos de máquinas que forman por si mismos una unidad completa, previstos para la transmisión simultánea de esfuerzos axiales, radiales y de los pares de vuelco resultantes.

El rodamiento está compuesto por dos aros uno exterior fijo a la parte móvil (pluma) de la máquina y otro interior fijo a la parte fija de la máquina (columna). Los aros interior o exterior pueden ir mecanizados con un dentado.

Se ha considerado como mejor opción que el dentado fuera interior, de esta manera el engranaje de giro queda situado en el interior de la columna y está protegido del exterior, sobre todo teniendo en cuenta que es un ambiente marino, el cual es aún más corrosivo que el normal.

#### 1.11.5.2 Diseño constructivo del rodamiento.

En el catálogo de *Rothe Erde* existen varios diseños constructivos de rodamientos de gran diámetro los cuales están prediseñados para diferentes campos de aplicación. Entre todos ellos se encuentran las series KD 320, KD 600, RD 800 y RD 900, que son adecuadas para técnicas de elevación.

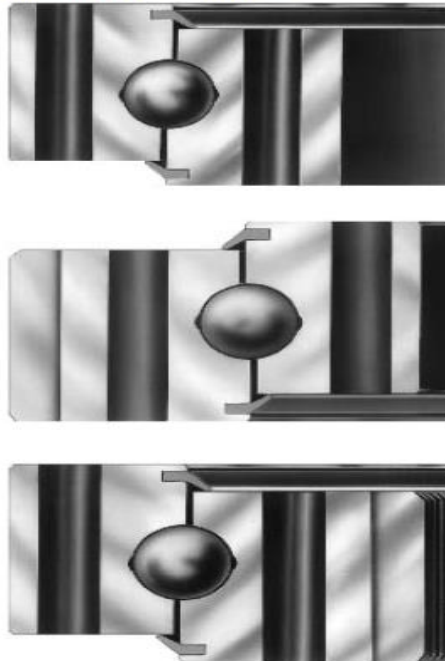
Entre todos los rodamientos posibles se buscará una serie de dimensiones reducidas y ajustables de forma razonable al diámetro de la columna.

Se ha optado por seleccionar del catálogo *Rothe Erde* un rodamiento de la serie KD 600 (uniones giratorias de una hilera de bolas con transmisión de carga por cuatro puntos de contacto). Además, se ha seleccionado con dentado interior.

Los campos de aplicación de este tipo de rodamientos son: técnica de elevación y transporte de material, así como construcciones mecánicas en general.

**Serie KD 600**

Uniones giratorias de una hilera de bolas  
Uniones giratorias con transmisión de carga  
por cuatro puntos de contacto



*Figura 22: Rodamientos serie KD600 (Fuente: Catalogo Rothe Erde-Ficha técnica)*

#### 1.11.5.3 Cargas sobre el rodamiento.

Para la selección del rodamiento adecuado para la presente aplicación, es necesario conocer los esfuerzos en las diferentes situaciones de carga y la aplicación de factores de carga conocidos según sea la utilización del aparato.

Todos y cada uno de los rodamientos poseen una curva de carga límite y de vida útil, por tanto, se ha de elegir el que cumpla con las condiciones de carga de la grúa y con las especificaciones impuestas por el tamaño, en este caso, de la columna.

Para la selección del rodamiento se va a seguir el método de cálculo y dimensionado recomendado por el fabricante *Rothe Erde*.

Usualmente, los rodamientos de gran dimensión se montan de forma asentada.

Para las diferentes hipótesis de carga que se plantearán es necesario determinar la carga axial  $F_a$  y el par de vuelco  $M_k$ .

Considerando la carga levantada a máxima distancia (situación más perjudicial), las hipótesis de carga a considerar son:

1) CARGA MÁXIMA DE SERVICIO INCLUYENDO CARGA POR VIENTO

$$F_a = Q + A + O$$

$$M_k = Q * I_{m\acute{a}x} + A * a + W * r$$

2) CARGA MÁXIMA DE SERVICIO MÁS UN 25% SIN CARGA POR VIENTO

$$F_a = 1.25 * Q + A + O$$

$$M_k = 1.25 * Q * I_{m\acute{a}x} + A * a$$

3) CARGA MÁXIMA DE SERVICIO SIN CARGA POR VIENTO

$$F_a = Q + A + O$$

$$M_k = Q * I_{m\acute{a}x} + A * a$$

#### 1.11.5.4 Factores de carga para la selección del rodamiento.

Las cargas anteriormente mencionadas se han de multiplicar por los factores de carga antes de proceder a la selección del rodamiento.

##### 1.11.5.4.1 Capacidad de carga estática

Las cargas obtenidas se multiplican con un factor  $f_{stat}$  correspondiente al caso de aplicación en cuestión. El producto  $Fa'$  o  $Mk'$  debe quedar situado por debajo de la curva de carga límite estática del rodamiento seleccionado.

En este caso en concreto, y considerando la aplicación de grúa giratoria (gancho),  $f_{stat}=1,25$ .

##### 1.11.5.4.2 Vida útil del rodamiento

La carga de servicio multiplicada por el factor  $f_L$  se pasa correspondientemente a la curva de vida útil del rodamiento.

Para una aplicación de grúa giratoria con gancho, el factor de servicio  $f_L = 1,15$ , correspondiente a una vida útil, giros a plena carga, de 45.000.

Casos de aplicación	$f_{stat}$	$f_L$	Vida útil, giros a plena carga	
Grúa flotante (gancho)	1,10	1,0	30.000	Para el dimensionado estático siempre se deberán considerar las cargas máximas existentes, incluyendo las adicionales y las de ensayo.
Grúa sobre vehículo (gancho)				
Grúa de a bordo (cuchara)				
Mesa giratoria de soldadura				
Plato giratorio (servicio continuo)				
$M_{w0} \leq 0,5 M_k$		1,0	30.000	Los coeficientes de seguridad estática ( $f_{stat}$ , por ejemplo cargas de ensayo superiores a las normales, cargas de puesta en servicio, etc.) podrán ser inferiores a los indicados solo en casos excepcionales y siempre previa autorización escrita por nuestra parte.
$0,5 M_k \leq M_{w0} \leq 0,8 M_k$		1,15	45.000	
$M_{w0} \geq 0,8 M_k$		1,25	60.000	
-giro superior*	1,25			
-giro en base		1,0	30.000	
Grúa giratoria (gancho)				Los valores indicados para „f“ se refieren al caso de máxima carga de servicio y proceden de experiencias obtenidas en la práctica y en ensayos de laboratorio. Si para la determinación del número requerido de giros a plena carga se partiese de una combinación de cargas, de la cual se conoce solo una carga promedio supuesta, se deberán aplicar valores de vida útil más elevados.
Grúa de astillero				
Transportador giratorio (gancho)		1,15	45.000	
Cargador/descargador de buques				
Grúa de acería		1,5	100.000	
Grúa sobre vehículo (servicio de cuchara y en general aplicaciones con gran frecuencia de movimiento de cargas)	1,45**	1,7	150.000	*) Para grúas torre con giro en parte superior $M_{w0}$ = par de vuelco antagónico sin carga. $M_k$ = par de vuelco con carga y máxima longitud de brazo.
Grúa giratoria (cuchara/imán)				
Transportador giratorio (cuchara/imán)				
Puente grúa (cuchara/imán)				
Grúa flotante (cuchara/imán)				
Mecanismo principal de giro de rotopalas		2,15	300.000	**) Para aquellos casos de aplicación que requieran un dimensionado con $f_{stat} = 1,45$ se deberá dar preferencia absoluta a los modelos de rodamientos con varias hileras de elementos de rodadura, debido a que los esfuerzos medios suelen ser elevados y el servicio frecuentemente duro.
Retiro-cargadores				
Apiladores				
Cintas transportadoras en voladizo				
Grúa off-shore				
Dimensionado según norma especial				
Grúa de ferrocarril	1,10	Para estos casos de aplicación obsérvese la nota adjunta.		Nota: Para estos casos de aplicación varían considerablemente las condiciones de servicio, en especial los periodos de servicio del mecanismo de giro y las cargas que inciden durante el giro. Así, por ejemplo, si los movimientos de giro son poco frecuentes, como en el caso de movimientos de giro ocasionales para la colocación en posición de trabajo, se puede proceder a un dimensionado estático.  Por otra parte, si se trata de giros o desplazamientos continuados, el dimensionado se deberá realizar de acuerdo con la vida útil.  El dimensionado de acuerdo con la vida útil también puede llegar a ser necesario si el rodamiento tiene que llevar a cabo movimientos relativos, tales como se suelen presentar en cintas de descarga en voladizo en rotopalas.
Grúa de a bordo (gancho)	1,00			
Apiladoras				
Cintas transportadoras en voladizo				
Cintas transportadoras móviles	1,10			
Excavadora de cable/ cucharas de arrastre	1,25			
Pala oscilante				
Excavadora hidráulica: con rodamiento tipo KD 320	1,25			
Con otros tipos de rodamientos				
Excavadora hidráulica hasta 1,5 m <sup>3</sup>	1,45			
Con más de 1,5 m <sup>3</sup>		Dimensionado según norma especial		
Carros para cucharas de colada	1,75			

Figura 23: Factores de carga para la selección de rodamientos. (Fuente: Catalogo Rothe Erde-Ficha técnica)



#### 1.11.5.5 Características de la selección.

Para la selección del rodamiento es necesario hallar valores de referencia para considerar los gráficos de capacidad de carga estática y las curvas de vida útil

##### 1.11.5.5.1 Capacidad de carga estática.

La capacidad de carga estática del rodamiento se verifica frente a la curva límite de carga estática, considerando el factor de seguridad de carga ( $f_{stat} = 1,25$ ) que le corresponde a este tipo de grúa según el fabricante.

Para el dimensionado estático se deberán considerar las cargas máximas existentes, es decir, el supuesto de carga 2 (carga máxima incluyendo un 25% de incremento por ensayo y sin carga por viento).

##### 1.11.5.5.2 Vida útil del rodamiento.

Para una vida útil de 45000 giros a plena carga se utilizará un factor de servicio ( $f_L = 1,15$ ), según el fabricante.

Para la selección del rodamiento se debe tomar el supuesto de carga 3 (carga máxima de servicio sin carga por viento).

Según el fabricante de rodamientos *Rothe Erde*, el límite de la vida útil se alcanza cuando se incrementa progresivamente el par resistente al giro o cuando el desgaste del rodamiento alcanza niveles en los que el rodamiento ya no cumple su función.

Los rodamientos de grandes dimensiones se utilizan bajo las más diversas condiciones de servicio. En función del tipo de servicio se deberá tener en cuenta, no sólo la selección según criterios estáticos, sino también la vida útil esperada, que se deriva de la situación de cargas dinámicas.

Las curvas se basan en una vida útil de 30000 giros a plena carga.

##### 1.11.5.5.3 Calidad y cantidad de tornillos

Tanto la calidad como la cantidad de los tornillos se determinan de acuerdo con las cargas máximas, sin aplicar ningún factor, es decir, según el supuesto de carga 2.

#### 1.11.5.6 Selección del rodamiento.

<b>SOLICITACIONES PRINCIPALES</b>			
<b>Solicitaciones debidas a la carga de servicio</b>			
		Kg	N
Qc= carga útil + accesorios	Carga útil	12000	117720
	Accesorios	500	4905
Qc= carga útil + accesorios		12500	122625
<b>Solicitud debida al peso propio de los elementos</b>			
		Kg	N
Peso de la pluma (Qplu)		1484	14558,04
Peso de la columna (Qcol)		1898,12	18620,58
Peso del polipasto (mecanismo de elevación y traslación) (Qpol)		500	4905
Peso mecanismo de giro (Qmg)		100	981
Peso propio de los elementos (Qg)		3982,12	39064,62
Tabla 12. Solicitaciones principales (Fuente: Elaboración propia)			

<b>RESUMEN DE LAS FUERZAS OCASIONADAS POR EL VIENTO</b>		
	Caso A (v = 72km/h) (N)	Caso B (v = 130km/h) (N)
PLUMA	1589,0625	5085
COLUMNA	795,7625	2546,44
CARGA	1471,5	SIN CARGA
Tabla 14. Resumen de las fuerzas ocasionadas por el viento. (Fuente: Elaboración propia)		

<b>SELECCIÓN DEL RODAMIENTO DE GRAN DIÁMETRO</b>		
<b>Coeficientes de seguridad y medidas</b>		
$M=y_s$	1,06	
$C_d$ (Coeficiente dinámico)	1,02	
Longitud 'pluma' ( $L_{plu}$ )	7,5	m
Longitud pluma ( $L_{plu}$ )	7	m
A	3,75	m
radio de la columna	0.381	m
<b>Fuerzas para considerar según el fabricante (a máxima distancia)</b>		
$Q = (Q_u + Q_{met}) * y_s * C_d$	47539,95862	N
$A = Q_{plu} * y_s$	15431,5224	N
$O = Q_{mg} * y_s$	1039,86	N
$W_1$ = Fuerza del viento sobre la columna en servicio	795,7625	N
$W_2$ = Fuerza del viento sobre la carga en servicio	1471,5	N
<b>Carga máxima de servicio incluyendo carga por viento</b>		
$F_a = Q + A + O$	64011,34102	N
$M_k = Q * l_{máx} + A * a + W * r$	414721,0841	Nm
<b>Carga máxima de servicio más un 25% sin carga por viento</b>		
$F_a = 1.25 * Q + A + O$	75896,33067	N
$M_k = 1.25 * Q * l_{máx} + A * a$	503555,321	Nm
<b>Carga máxima de servicio sin carga por viento</b>		
$F_a = Q + A + O$	64011,34102	N
$M_k = Q * l_{máx} + A * a$	414417,8986	Nm
Tabla 47. Selección del rodamiento de gran diámetro (Fuente: Elaboración propia)		

Según las cargas halladas en los supuestos, los siguientes rodamientos de giro cumplen con los requisitos de fuerza axial y momento de vuelco hallados según la metodología del fabricante:

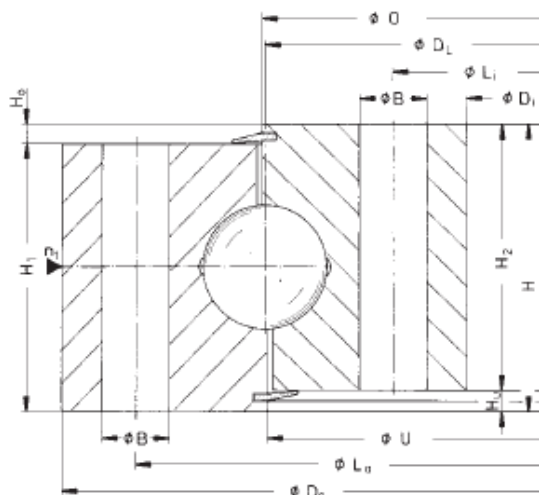


Figura 24: Rodamiento KD600. (Fuente: Catalogo Rothe Erde-Ficha técnica)

Serie KD600	
Rodamiento serie KD 060.35.0680.000.11.1503	
Rodamientos de precisión del tipo 621	
Rodamientos sin dentado	
Diámetro círculo de rodadura DL (mm)	060.35.0680.000.11.1503
Peso (kg)	131
Diámetro exterior Da (mm)	800
Diámetro interior Di (mm)	560
Altura total H (mm)	82
Diámetro círculo taladro exterior La (mm)	755
Diámetro círculo taladros interior Li (mm)	605
Cantidad de taladros por círculo n	20
Diámetro del taladro B (mm)	22
Medida del tornillo M (mm)	20
Cantidad de engrasadores por plano n1	4
Diámetro O (mm)	681
Diámetro U (mm)	678
Altura del aro H1(mm)	73
Altura del aro H2 (mm)	73
Separación abajo aros exterior/interior (mm)	9
Separación arriba aros exterior/interior (mm)	9
Tabla 48: Datos técnicos del rodamiento seleccionado (Fuente: Catalogo Rothe Erde-Ficha técnica)	

### 1.11.6 Mecanismo de elevación y traslación.

#### 1.11.6.1 Introducción.

Para estandarizar en lo posible los elementos de la grúa, se busca una solución compacta y de fácil instalación de las existentes en el mercado. Es por ello que se ha escogido un polipasto con mecanismo de elevación y traslación eléctricas del fabricante *DEMAG*.

En la elección del polipasto, se han seguido las indicaciones del fabricante para cumplir con la normativa y con las especificaciones de la grúa.

Para este caso en concreto, se ha escogido un polipasto del tipo de altura reducida, es decir, la altura entre el gancho y la pluma es lo más reducida posible. De esta forma, se puede aprovechar mucho mejor el espacio de debajo de la pluma y transportar cargas de más altura.

En cuanto al sistema de suspensión de la carga, existen polipastos de cable y de cadena. Los polipastos de cadena se utilizan para poco tonelaje, por lo tanto, el sistema a utilizar en este caso será el de cable.

#### 1.11.6.2 Elección del polipasto.

El polipasto viene determinado por el tipo de carga, el promedio de marcha, la carga a elevar y la disposición del cable o tipo de aparejado.

##### 1.11.6.2.1 Tipo de carga

El tipo de carga estimado se puede determinar según el esquema de la figura siguiente:

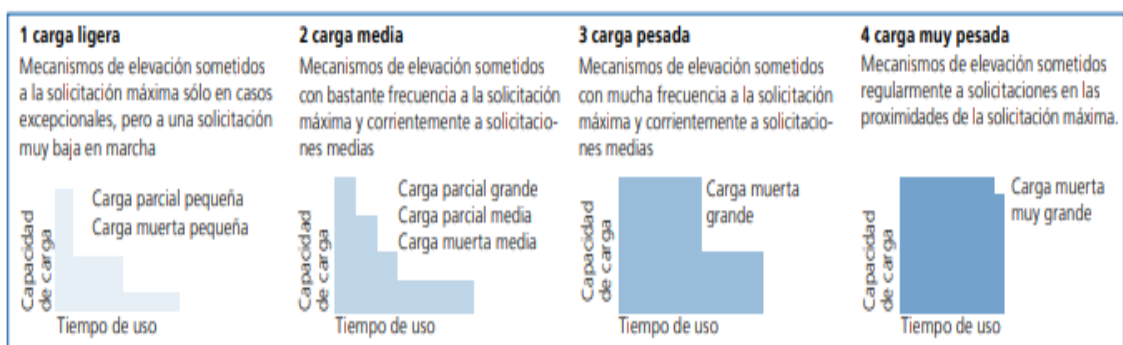


Figura 25: Capacidad de carga del polipasto (Fuente: Catalogo DEMAG-Ficha técnica)

Para este caso, se considera que el tipo de carga es del tipo 2, carga media. Se trata de mecanismos de elevación sometidos con bastante frecuencia a la solicitud máxima y corrientemente a solicitudes medias

#### 1.11.6.2.2 Promedio de marcha.

Para el valor del promedio de marcha se estima un valor aproximado o se calcula de la siguiente forma:

$$\frac{tmarcha}{dia} = \frac{2 * L * n * t}{60 * V_L}$$

Donde:

L = recorrido medio del gancho (4.5 m).

n = número de ciclos/h (15 ciclos/h).

t = tiempo de trabajo/día (3 h/día).

vL = velocidad de elevación (4 m/min).

$$\frac{tmarcha}{dia} = \frac{2 * 4.5m * 15 \frac{ciclos}{h} * 4 \frac{horas}{dia}}{60 * 4 m/min} = 2.25h$$

#### 1.11.6.2.3 Carga a elevar

La capacidad del polipasto debe de ser de 12500 kg (peso de la carga + accesorios).

#### 1.11.6.2.4 Disposición de cable.

La disposición del cable recomendable para el uso será la de 6/1.

#### 1.11.6.2.5 Selección del polipasto.

Para un tipo de carga medio y un promedio de marcha de 2.25 horas, la tabla de elección del proveedor indica el grupo 1 Am.

La capacidad de carga requerida es de 12500 Kg pero por motivos relativos a seguridad no se escogerá un polipasto con la misma capacidad de carga, por este motivo se deberá elegir un polipasto de 16000 Kg de capacidad de carga y con una disposición de cable de 6/1. A estas características, le corresponde el tamaño de polipasto DR 10 de la marca *DEMAG*, según el propio catálogo.

El polipasto cuenta con una velocidad de servicio o trabajo de entre 0,3 y 6 m/min, además puede trabajar con una velocidad de precisión, más lenta, para actuar con suavidad.

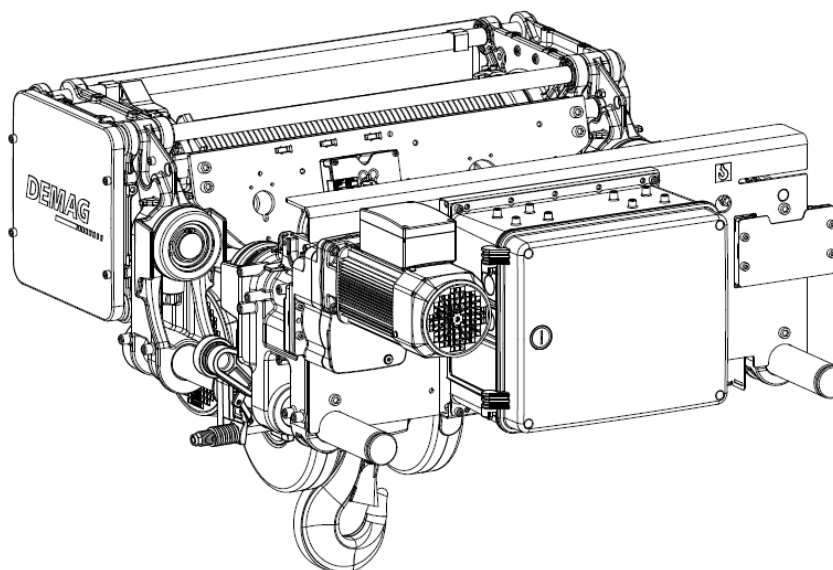


Figura 26: Polipasto de cable DEMAG (Fuente: Catalogo DEMAG-Ficha técnica)

Tipo	Capacidad de carga	Recorrido del gancho	Velocidad de elevación			Grupo de accionamiento	Capacidad de carga	Recorrido del gancho	Velocidad de elevación			
	t	m	m/min			FEM/ISO	t	m	m/min			
DR 3	2/1						4/1					
	1.6	12 20	12/2	18/3	1–25 *	2m / M5 **	3.2	6 10	6/1	9/1.5	0.5–12.5 *	
	1.25					3m / M6 **	2.5					
	1					4m / M7 **	2					
DR 5	2/1						4/1					
	3.2	12 20 30	9/1.5	12/2	0.8–16 *	1Am / M4 **	6.3	6 10 15	4.5/0.8	6/1	0.4–8 *	
	2.5		12/2	18/3	1–25 *	2m / M5 **	5		6/1	9/1.5	0.5–12.5 *	
	2					3m / M6 **	4					
	1.6	4m / M7 **				3.2						
	4/2											
	3.2	9.9 16.3	9/1.5	12/2	0.8–16 *	1Am / M4 **						
	2.5		12/2	18/3	1–25 *	2m / M5 **						
	2					3m / M6 **						
	1.6					4m / M7 **						
	DR 10	2/1						4/1				
		6.3	12 20 30 40	8/1.4	0.4–9 *	1–18 *	1Am / M4 **	12.5	6 10 15 20	4/0.7	0.2–4.5 *	0.5–9 *
5		10/1.7		1–18 *	1–25 *	2m / M5 **	10	5/0.8		0.5–9 *	0.5–12.5 *	
4						3m / M6 **	8					
3.2						4m / M7 **	6.3					
4/2						6/1						
6.3		5.8 11.35 18.4 25.2	8/1.4	0.4–9 *	1–18 *	1Am / M4 **						
5			10/1.7	1–18 *	1–25 *	2m / M5 **	16	6.7 13.3	2.7/0.4	0.3–6 *	–	
4						3m / M6 **	12.5					
3.2						4m / M7 **						

Figura 27: Selección del polipasto (Fuente: Catalogo DEMAG-Ficha técnica)

A través de esta dirección [www.dr.demag-designer.de](http://www.dr.demag-designer.de) se encontrarán todos los datos y puntos importantes sobre los polipastos de cable Demag DR. Esta plataforma de información y planificación ofrece una información exhaustiva del producto y facilita los datos técnicos necesarios para el proyecto y será de muy importante a la hora de escoger polipasto.

También se puede descargar los planos CAD de todo el programa de polipastos de cable Demag para integrarlos en planos.

#### 1.11.6.3 Especificaciones del polipasto.

DATOS TÉCNICOS DEL POLIPASTO	
Capacidad de carga	16 toneladas
Diseño	C
Grupo FEM/ISO	1 Bm / M3
Recorrido del gancho	6 metros
Gancho	gancho simple n4 según DIN 15400
Longitud del tambor	H12
Disposición de ramales	4/1
Diámetro del cable	13 milímetros
Posición de montaje	D
Salida del cable	2
Posición de la caja de bornes	1
Velocidad de elevación	0,7-4 metros/minuto
Motor de elevación	ZBV 160 B 12/2
Freno	BD090
Potencia nominal	2.4 kW / 14.5 kW
Factor de marcha	20 / 40 %ED
Grado de protección del polipasto	IP55
Clase de aislamiento	F
Reductor	i = 136,42
DATOS TÉCNICOS DEL MECANISMO DE TRASLACIÓN DEL CARRO	
Ancho de ala	300 milímetros
Velocidad de traslación del carro	3-30 metros/minuto
Motor de traslación del carro	">2 x ZBC 80 A 4
Freno	BD 004
Potencia nominal	0,63 kW
Factor de marcha	60% FM
Grado de protección del motor	IP55
Tabla 49: Datos técnicos del polipasto seleccionado (Fuente: Catalogo DEMAG-Ficha técnica)	



#### 1.11.6.4 Topes final de carrera.

Al principio y final de la pluma, se necesitan unos topes para evitar que el polipasto colisione con la estructura de la columna o que salga por el extremo de la pluma.

Estos topes deben de ir provistos de un elemento de material elástico que amortigüe los posibles golpes.

Se debe pintar una marca sobre la pluma para señalar este punto para su correcto montaje.

#### 1.11.6.5 Selección del carril de rodadura.

La gran parte de los aparatos de elevación utilizan carriles metálicos. Existen diferentes tipos de carriles. Entre ellos se elegirá el carril tipo *Llanton*, los cuales son carriles ordinarios que se emplean frecuentemente sobre los caminos de rodadura implementados sobre perfiles laminados o vigas cajón (rodadura de carros de puentes grúas, grúas pórtico o grúas consola). Se suministran rectangulares, con las esquinas superiores redondeadas o achaflanadas, con superficie bombeada.

#### 1.11.7 Conjunto motor-reductor.

##### 1.11.7.1 Solicitaciones sobre la corona

El par resistente que actúa sobre el motor-reductor de giro está formado por un par resistente originado por las inercias y rozamientos para iniciar el movimiento de rotación en el rodamiento de giro y otro compuesto por el momento torsor originado por el viento transversal a la pluma sobre la carga y la pluma

El momento torsor originado por el viento transversal es:

$$M_V = T_V = F_{VpluA} * \left( \frac{L'_{plu}}{2} \right) + F_{Vca} * L_{plu}$$

$$M_v = T_v = 1589.0625 * \frac{7.5}{2} + 795.7625 * 7 = 11529.32 \text{ Nm}$$

RESUMEN DE LAS FUERZAS OCASIONADAS POR EL VIENTO		
	Caso A (v = 72km/h) (N)	Caso B (v = 130km/h) (N)
PLUMA	1589,0625	5085
COLUMNMA	795,7625	2546,44
CARGA	1471,5	SIN CARGA
Tabla 14. Resumen de las fuerzas ocasionadas por el viento. (Fuente: Elaboración propia)		

Donde todos los términos de esta fórmula fueron calculados en apartados anteriores.

El par de rozamiento de arranque se calcula a partir de la ecuación sugerida en el catálogo del fabricante del rodamiento para uniones giratorias de bolas, esto es:

$$M_r = \frac{\mu}{2} * (4.4 * M_k + F_a * D_L)$$

$$M_r = \frac{0.06}{2} * (4.4 * 414721.08 + 64011,34 * 0.8) = 56279.45 Nm$$

Donde:

$M_k$  = par de vuelco resultante = 41472.081 Nm (calculado anteriormente en la carga máxima de selección de rodamiento)

$F_a$  = carga axial = 64011.34 Nm (calculado anteriormente en la carga máxima de selección de rodamiento)

$D_L$  = diámetro de rodadura del rodamiento = 800 mm

$\mu$  = coeficiente de rozamiento para rodamientos del tipo KD 600 (0,006).

El momento de vuelco resultante  $M_k$  y la carga axial  $F_a$  ya fueron calculados en la carga máxima de selección del rodamiento.

Luego el momento torsor total a transmitir será:

$$M_t = M_v + M_r$$

$$M_t = 11529.32 + 56279.45 = 67808.77 Nm$$

#### 1.11.7.2 Elección del reductor.

La selección del reductor viene determinada por:

- Relación de reducción elevada.
- Tamaño del reductor lo más compacto y pequeño posible, debido a su situación sobre la pluma.
- Momento de salida elevado.

Se ha elegido un reductor epicicloidal de cuatro etapas para realizar la transmisión, debido a que consiguen grandes relaciones de reducción y mantienen un diseño compacto para el mismo servicio. Para su selección, se seguirá la metodología recomendada por el fabricante *Bonfiglioli*

##### 1.11.7.2.1 Cálculo de la relación de reducción.

La velocidad final que se debe conseguir en la reducción es  $n_3 = 0,6$  rpm. Se considerará una velocidad de entrada de  $n_1 = 1400$  rpm. Por tanto, la relación de reducción quedará expresada como:

$$i_{23} = n_1/n_3$$

$$i_{23} = \frac{1400}{0.6} = 2333.33$$

Los engranajes empleados son de dentado recto. Para este tipo de engranajes se recomienda una relación entre la corona y el piñón:

$$1 < i_{23} < 10$$

El número de dientes de la corona del rodamiento  $Z_3 = 123$  según el tipo de engranajes el número mínimo de dientes ha de ser de 20 a 21. Por tanto, elegiremos  $Z_2 = 20$  para obtener la relación de reducción más alta posible en esta etapa de transmisión.

La relación entre la corona y el piñón será:

$$i_{23} = \frac{z_3}{z_2} = \frac{123}{20} = 6.15$$

La relación del reductor ser:

$$i_{12} = \frac{z_{12}}{z_{23}} = \frac{2333.33}{6.15} = 379.4$$

#### 1.11.7.2.2 Momento de cálculo del reductor.

Es necesario calcular el momento de cálculo del reductor para realizar la selección adecuada del mismo.

Para el cálculo del momento *MC2* se tiene en cuenta el factor de marcha y el tipo de servicio de la aplicación.

- Factor de marcha

El factor de marcha está definido por la siguiente fórmula:

$$\%ED = 100 \frac{\sum \text{tiempo de marcha}}{\sum \text{tiempo de marcha} + \sum \text{tiempo de parada}}$$

Se considerará que el servicio de la grúa es del tipo de servicio de las grúas del puerto, posición 4, como se describe en la tabla siguiente.

Pos	Tipo grúa	Mecanismos	E.D. relativo S 3 %	Frecuencia conexión c/h
1	Grúas de elevación Grúas de taller Grúas de casas de maquinas Grúas de ferrocarriles Grúas flotantes Grúas de a bordo	Elevación	25	150
		traslación de carro	25	
		Traslación de grúa	25	
		Giro	25 ó 40	
2	Grúas pesadas de montaje y del taller, más de 5 toneladas de peso de elevación	Elevación	40	150
		Traslación de carro	25	
		Traslación grúa	25 ó 40	
3	Grúas para obras y construcciones	Elevación	40 ó 60	150
		Giro	40	
		Traslación	40	
		Traslación del carro	40	
4	Grúas para bultos Grúas flotantes y del puerto	Elevación	40	150
		Giro	40	
		Traslación	25	
5	Grúas de puerto con mordazas	Elevación	40 ó 60	150 hasta 300
		Cerrar	40	
		Giro	40	
		Traslación	25 ó 40	
6	Puente de carga	Elevación	60	150
		Cerrar	60	
		Traslación del carro	60	
		Traslación puente	25 ó 40	
		Giro	40	
7	Grúas ligeras para empresas siderúrgicas	Elevación	40	300
		Traslación del carro	40	
		Traslación grúa		
8	Grúas pesadas para empresas siderúrgicas Grúas para fundición Grúas mezcladas Grúas de garras	Elevación	60	300
		Traslación del carro	40	
		Traslación grúa	60	
		Giro	40	
		Giro	60	
		Traslación del carro	60	
		Traslación grúa	60	
		Elevación lingotes	60	
		Tenazas	60	

Tabla 50: Servicio de la grúa. (Fuente: (Miravete & Larrodé, Los transportes en la ingeniería industrial (teoría), 2002)

- Factor de servicio.

El factor de servicio a considerar depende de las horas al día que trabaja el motor y del número de arranques a la hora que se llevan a cabo.

Como se ha visto en la tabla anterior, el número de conexiones por hora es de  $z_r = 150$  c/h.

Se supone que el aparato trabaja 8 h/día. Las curvas K están relacionadas con el tipo de servicio que se lleve a cabo: uniforme (K1), medio (K2) o pesado (K3). Se supondrá un servicio es uniforme, correspondiente a una curva K1. En estas condiciones, el factor de servicio es  $f_S = 1,2$ .

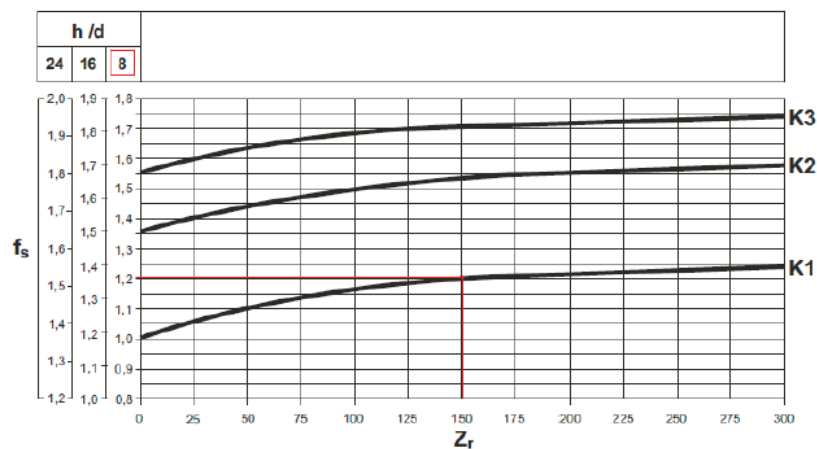


Figura 28: Factores de servicio (Fuente: Catalogo Bonfiglioli-Ficha técnica)

- Par de cálculo.

Con el valor del par requerido de salida  $Mr_2$ , se determinará el par de cálculo mediante el catálogo del fabricante.

En el cálculo del par de salida  $M_{r2}$ , se han de tener en cuenta los rendimientos de las transmisiones intermedias. Las transmisiones de engranajes de dientes rectos de una etapa tienen un rendimiento de  $\eta = 0,98$ , que es el caso de la transmisión entre la corona y el piñón. En el caso del reductor, estará formado por 4 etapas, su rendimiento será por tanto de  $\eta = 0,90$ .

El par de salida que necesita el reductor será:

$$M_{r2} = \frac{M_3}{i_{23} * n_{23}} = \frac{67808.77}{5.65 * 0.98} = 12246.48 Nm$$

Y, por tanto, el par de cálculo:

$$M_{c2} = f_s * M_{r2} = 1.2 * 12246.48 = 14695.77 \text{ Nm}$$

- Factor de duración.

Con la duración de funcionamiento requerida  $h$  y la velocidad de salida  $n_2$ , se calcula el factor de duración. La vida esperada de la grúa es de aproximadamente 6000 h y  $n_2 = 3$ .

$$F_{h2} = n_2 * h = 6000 * 3 = 18000$$

#### 1.11.7.2.3 Selección del reductor.

Se ha de seleccionar el tamaño del reductor que con la relación más cercana a la calculada satisfaga la siguiente condición:

$$Mc2 \leq Mn2$$

$$Fh2 \leq n2 * h$$

Donde  $Mn2$  y  $Fh2$  son los valores indicados en las tablas de datos técnicos de cada tamaño de reductor.



*Figura 29: Reductor Bonfiglioli (Fuente: Catálogo Bonfiglioli-Ficha técnica)*






315 L								100000 Nm					
n <sub>1</sub> min <sup>-1</sup>		i	n <sub>2</sub> min <sup>-1</sup>	M <sub>r2</sub> Nm	P <sub>r1</sub> kW	Pt kW	IEC 	R <sub>n2</sub> [N]					
								MC	MZ	HC/PC	HZ/PZ	FZ	
1400	315 L3	57.4	24.4	35700	100	30	180-200-225	—	—	79000	93200	31000	284
	315 L3	68.5	20.4	42600	100	30	180-200-225	—	—	83300	98300	32900	284
	315 L3	87.9	15.9	54700	100	30	180-200-225	—	—	89800	105900	35800	284
	315 L3	104	13.4	64900	100	30	180-200-225	—	—	94500	111500	37900	284
	315 L3	134	10.5	70100	84	30	180-200-225	—	—	101900	120200	41200	284
	315 L3	159	8.8	73800	75	30	180-200-225	—	—	107200	126500	43600	284
	315 L3	172	8.2	73500	69	30	180-200-225	—	—	109800	129500	44700	284
	315 L3	204	6.9	77400	61	30	180-200-225	—	—	115600	136300	47300	284
	315 L3	242	5.8	85000	43	30	180-200-225	—	—	121700	143500	50100	284
	315 L4	291	4.8	88500	50	18.0	132-160-180	—	—	128600	151700	53300	284
	315 L4	356	3.9	94000	44	18.0	132-160-180	—	—	136600	161100	57000	284
	315 L4	424	3.3	96000	37	18.0	132-160-180	—	—	144000	169900	60500	284
	315 L4	469	3.0	96700	34	18.0	132-160-180	—	—	148300	175000	62500	284
	315 L4	513	2.7	97400	31	18.0	132-160-180	—	—	152500	179900	64400	284
	315 L4	569	2.5	98100	29	18.0	132-160-180	—	—	157200	185500	66700	284
	315 L4	647	2.2	99100	25	18.0	132-160-180	—	—	163400	192700	69600	284
	315 L4	714	2.0	99800	23	18.0	132-160-180	—	—	168300	198500	71900	284
	315 L4	830	1.7	101000	20	18.0	132-160-180	—	—	176100	207700	75600	284
	315 L4	916	1.5	93100	16.8	18.0	132-160-180	—	—	181400	214000	78100	284
	315 L4	1004	1.4	102400	16.9	18.0	132-160-180	—	—	186400	219900	80500	284
	315 L4	1087	1.3	95500	14.5	18.0	132-160-180	—	—	190900	225200	82700	284
	315 L4	1264	1.1	97800	12.8	18.0	132-160-180	—	—	199800	235600	87000	284
	315 L4	1500	0.93	80000	8.8	18.0	132-160-180	—	—	206000	243000	90000	284
	315 L4	1814	0.77	80000	7.3	18.0	132-160-180	—	—	206000	243000	90000	284
900	315 L2	16.7	54	30100	180	45	—	—	—	62300	73500	23800	284
	315 L2	21.5	42	38600	180	45	—	—	—	67200	79200	25900	284
	315 L2	25.5	35	45800	180	45	—	—	—	70700	83400	27400	284
	315 L2	27.6	33	48500	176	45	—	—	—	72400	85400	28200	284
	315 L2	32.7	27.5	51000	156	45	—	—	—	76200	89900	29800	284
	315 L2	38.8	23.2	52900	137	45	—	—	—	80200	94600	31600	284
	315 L3	57.4	15.7	55800	100	36	180-200-225	—	—	90200	106400	36000	284
	315 L3	68.5	13.1	65500	99	36	180-200-225	—	—	95100	112200	38100	284
	315 L3	87.9	10.2	70600	83	36	180-200-225	—	—	102500	120900	41400	284
	315 L3	104	8.6	74300	74	36	180-200-225	—	—	107900	127300	43900	284
	315 L3	134	6.7	80000	62	36	180-200-225	—	—	116300	137200	47700	284
	315 L3	159	5.7	84300	55	36	180-200-225	—	—	122400	144400	50500	284
	315 L3	172	5.2	78000	47	36	180-200-225	—	—	125300	147800	51800	284
	315 L3	204	4.4	80000	41	36	180-200-225	—	—	131900	155600	54900	284
	315 L3	242	3.7	86500	28	36	180-200-225	—	—	138900	163800	58100	284
	315 L4	291	3.1	96500	35	22	132-160-180	—	—	146800	173200	61800	284
	315 L4	356	2.5	97900	29	22	132-160-180	—	—	155900	183900	66100	284
	315 L4	424	2.1	99200	25	22	132-160-180	—	—	164400	193900	70100	284
	315 L4	469	1.9	100000	23	22	132-160-180	—	—	169400	199800	72400	284
	315 L4	513	1.8	100700	21	22	132-160-180	—	—	174100	205300	74600	284
	315 L4	569	1.6	101400	19.0	22	132-160-180	—	—	179500	211700	77200	284
	315 L4	647	1.4	102400	16.9	22	132-160-180	—	—	186500	220000	80600	284
	315 L4	714	1.3	103200	15.4	22	132-160-180	—	—	192200	226700	83300	284
	315 L4	830	1.1	104400	13.4	22	132-160-180	—	—	201000	237100	87600	284
315 L4	916	0.98	99000	11.5	22	132-160-180	—	—	206000	243000	90000	284	
315 L4	1004	0.90	105000	11.1	22	132-160-180	—	—	206000	243000	90000	284	
315 L4	1087	0.83	99000	9.7	22	132-160-180	—	—	206000	243000	90000	284	
315 L4	1264	0.71	99000	8.3	22	132-160-180	—	—	206000	243000	90000	284	
315 L4	1500	0.60	80000	5.7	22	132-160-180	—	—	206000	243000	90000	284	
315 L4	1814	0.50	80000	4.7	22	132-160-180	—	—	206000	243000	90000	284	
500	315 L2	16.7	29.9	51200	170	75	—	—	—	74300	87700	29000	284
	315 L2	21.5	23.3	55200	143	75	—	—	—	80100	94500	31500	284
	315 L2	25.5	19.6	58100	127	75	—	—	—	84300	99500	33400	284
	315 L2	27.6	18.1	57800	117	75	—	—	—	86400	101900	34300	284
	315 L2	32.7	15.3	60900	104	75	—	—	—	90900	107200	36300	284
	315 L2	38.8	12.9	63200	91	75	—	—	—	95700	112900	38400	284

Figura 30: Elección del reductor (Fuente: Catálogo Bonfiglioli-Ficha técnica)

El reductor epicicloidal de montaje lineal de la serie 315 L4 cumple con la condición anteriormente mostrada. El momento torsor  $M_{r2}$  es de 99000 Nm con lo que satisface nuestras necesidades.



#### 1.11.7.3 Dimensionamiento del reductor.

El motor-reductor, como se puede observar en el catálogo del fabricante, puede tener varios mecanismos de entrada y de salida. En este caso, se optará por una forma compacta y que haga que el motor-reductor trabaje verticalmente.

Como se quiere que trabaje verticalmente, se elegirá un reductor con bridas y no con patas.

Por lo tanto, se elegirá la salida HC, la cual tiene los orificios para la sujeción mediante tornillos a la grúa.

La entrada, por su parte, será un acoplamiento para que el motor se pueda acoplar al reductor. La medida  $E$  variará según el tamaño del motor, que se elegirá a continuación

#### 1.11.7.4 Elección del motor.

##### 1. Tipo de motor

Se empleará un motor trifásico asíncrono de anillos rozantes, ya que son los más utilizados en los accionamientos de las grúas. Son los más baratos, compactos y fiables del mercado, aunque la velocidad no se puede regular con exactitud.

El motor además debe venir con freno incorporado.

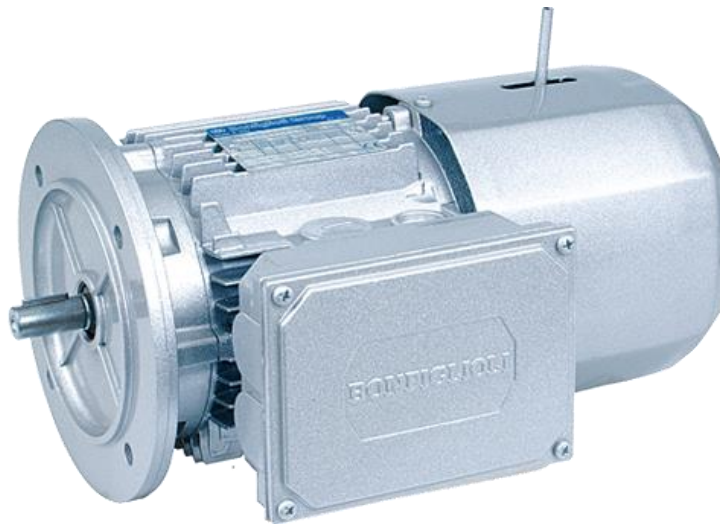


Figura 31: Motor Bonfiglioli (Fuente: Catálogo Bonfiglioli-Ficha técnica)

## 2. Tipo de servicio

El motor está sometido a un régimen de conexiones y desconexiones que influyen en su calentamiento. Cuando se calcula la potencia del motor, se ha de considerar el tipo de servicio de la máquina. Estos regímenes se agrupan en tipos de servicio según VDE 0530 y se ha de tener en cuenta en la elección del motor.

En este caso, los motores asíncronos de anillos rozantes (incluidos los del polipasto) trabajan con servicio S3, es decir, servicio intermitente sin influencia del arranque en la temperatura.

## 3. Forma constructiva

La forma constructiva escogida es la B5, con brida sin patas, para conseguir un conjunto lo más compacto posible con el reductor.

## 4. Protecciones

Como la grúa se ubicará en un puerto, el motor se protegerá en grado IP 44 y la caja de bornes en grado IP 55, como mínimo.

La primera cifra indica el grado de protección contra el polvo y la penetración de contactos extraños y la segunda indica el grado de protección contra la penetración de agua.

- IP 44: Protección absoluta contra contactos y contra cuerpos extraños granulados. Protección contra salpicaduras de agua en todas las direcciones.
- IP 55: Protección absoluta contra contactos y contra la acumulación de polvo. Protección contra chorros de agua.

## 5. Potencia térmica

En el caso de evaluar el factor de seguridad relativo a la potencia térmica, según el fabricante *Bonfiglioli*, cuando la relación de transmisión del reductor es superior a 45, como es este caso, no hace falta evaluar este término, ya que el factor de seguridad relativo a la potencia mecánica excede siempre al de la potencia térmica

## 6. Cálculo de la potencia del motor

Conociendo el par  $M_{r2}$ , las revoluciones  $n_2$  y el rendimiento dinámico  $\eta_d$ , se deduce la potencia de entrada:

$$P_{max} = P_{r1} = \frac{M_{r2} * n_2}{9550 * n_{12}} = \frac{14695.77 Nm * 14.19}{9550 * 0.90} = 22.28 kW$$

Siendo la velocidad de salida del motor:

$$n_2 = n_3 * i_{23} = 0.6 * 6.15 = 14.19$$

## 7. Selección del motor

Hay que seleccionar en las tablas de datos técnicos de motores un tamaño con una potencia nominal tal que satisfaga:

$$P_n \geq P_{r1}$$

El fabricante recomienda escoger preferiblemente motores de 4 o más polos.

Si no se indica lo contrario, la potencia  $P_n$  de los motores indicada en el catálogo está referida al servicio continuo S1. Por lo tanto, la condición a satisfacer será:

$$P_n \geq P_{r1} / f_m$$

El factor de incremento de la potencia  $f_m$  puede extraerse de la tabla siguiente:

	SERVICIO					
	S2			S3	S4-S8	
	Duración del ciclo (min)			Relación de intermitencia (I)		Contactar
	10	30	60	25%	40%	1.60%
$f_m$	1.35	1.15	1.05	1.25	1.15	1.1

Tabla 51. Factor de corrección según el tipo de servicio. (Fuente: Catálogo Bonfiglioli-Ficha técnica)


													freno c.c. / d.c. brake G.S.-bremse / frein c.c.					freno c.a. / a.c. brake W.S.-bremse / frein c.a.												
													FD					FA					BA							
Pn		n	Mn	η	cos φ	In	Is	Ms	Ma	Jm x 10 <sup>-4</sup>	IM B5		Mod	Mb	Z <sub>0</sub>	Jm x 10 <sup>-4</sup>	IM B5		Mod	Mb	Z <sub>0</sub>	Jm x 10 <sup>-4</sup>	IM B5		Mod	Mb max	Z <sub>0</sub>	Jm x 10 <sup>-4</sup>	IM B5	
kW		min <sup>-1</sup>	Nm	%		A (400V)	A	Mn	Mn	kgm <sup>2</sup>	kg		Nm	Nm	NB	SB	kgm <sup>2</sup>	kg	Nm	Nm	1/h	kgm <sup>2</sup>	kg	Nm	Nm	Nm	1/h	kgm <sup>2</sup>	kg	
0.06	BN 56A	4	1350	0.42	47	0.62	0.30	2.6	2.3	2.0	1.5	3.1																		
0.09	BN 56B	4	1350	0.64	52	0.62	0.40	2.6	2.5	2.4	1.5	3.1																		
0.12	BN 63A	4	1310	0.88	51	0.68	0.50	2.6	1.9	1.8	2.0	3.5	FD 02	1.75	10000	13000	2.6	5.2	FA 02	1.75	13000	2.6	5.0	BA 60	5	9000	4.0	5.8		
0.18	BN 63B	4	1320	1.30	53	0.68	0.72	2.6	2.2	2.0	2.3	3.9	FD 02	3.5	10000	13000	3.0	5.6	FA 02	3.5	13000	3.0	5.4	BA 60	5	9000	4.3	6.2		
0.25	BN 63C	4	1320	1.81	60	0.69	0.87	2.7	2.1	1.9	3.3	5.1	FD 02	3.5	7800	10000	3.9	6.8	FA 02	3.5	10000	3.9	6.6	BA 60	5	8500	5.3	7.4		
0.25	BN 71A	4	1375	1.74	62	0.77	0.76	3.3	1.9	1.7	5.8	5.1	FD 03	3.5	7700	11000	6.9	7.8	FA 03	3.5	11000	6.9	7.5	BA 70	8	9700	7.8	9.0		
0.37	BN 71B	4	1370	2.6	65	0.77	1.07	3.7	2.0	1.9	6.9	5.9	FD 03	5.0	6000	9400	8.0	8.6	FA 03	5.0	9400	8.0	8.3	BA 70	8	8500	8.9	9.8		
0.55	BN 71C	4	1380	3.8	69	0.74	1.55	4.1	2.3	2.3	9.1	7.3	FD 03	7.5	4300	8700	10.2	10	FA 03	7.5	8700	10.2	9.7	BA 70	8	8000	11.1	11.2		
0.55	BN 80A	4	1390	3.8	72	0.77	1.43	4.1	2.3	2.0	15	8.2	FD 04	10	4100	8000	16.6	12.1	FA 04	10	8000	16.6	12.0	BA 80	18	7400	18	13.5		
0.75	BN 80B	4	1400	5.1	75	0.78	1.85	4.9	2.7	2.5	20	9.9	FD 04	15	4100	7800	22	13.8	FA 04	15	7800	22	13.7	BA 80	18	7400	23	15.2		
1.1	BN 80C	4	1400	7.5	75	0.79	2.68	5.1	2.8	2.5	25	11.3	FD 04	15	2600	5300	27	15.2	FA 04	15	5300	27	15.1	BA 80	18	5100	28	16.6		
1.1	BN 90S	4	1400	7.5	73	0.77	2.82	4.6	2.6	2.2	21	12.2	FD 14	15	4800	8000	23	16.4	FA 14	15	8000	23	16.3	BA 90	35	6500	28	19.5		
1.5	BN 90LA	4	1410	10.2	77	0.77	3.7	5.3	2.8	2.4	28	13.6	FD 05	26	3400	6000	32	19.6	FA 05	26	6000	32	20.3	BA 90	35	5400	35	21		
1.85	BN 90LB	4	1400	12.6	77	0.78	4.4	5.2	2.8	2.6	30	15.1	FD 05	26	3200	5900	34	21.1	FA 05	26	5900	34	21.8	BA 90	35	5400	37	22.5		
2.2	BN 100LA	4	1410	14.9	78	0.76	5.4	4.5	2.2	2.0	40	18.3	FD 15	40	2600	4700	44	25	FA 15	40	4700	44	25	BA 100	50	4000	52	29		
3	BN 100LB	4	1410	20	80	0.78	6.9	5	2.3	2.2	54	22	FD 15	40	2400	4400	58	28	FA 15	40	4400	58	29	BA 100	50	3800	66	32		
4	BN 112M	4	1420	27	83	0.78	8.9	5.6	2.7	2.5	98	30	FD 06S	60	—	1400	107	40	FA 06S	60	2100	107	42	BA 110	75	2000	114	43		
5.5	BN 132S	4	1440	36	84	0.80	11.8	5.5	2.3	2.2	213	44	FD 06	75	—	1050	223	57	FA 06	75	1200	223	58	BA 140	150	1200	263	76		
7.5	BN 132MA	4	1440	50	85	0.81	15.7	5.7	2.5	2.4	270	53	FD 06	100	—	950	280	66	FA 07	100	1000	280	71	BA 140	150	1000	320	85		
9.2	BN 132MB	4	1440	61	86	0.81	19.1	5.9	2.7	2.5	319	59	FD 07	150	—	900	342	75	FA 07	150	900	342	77	BA 140	150	900	369	91		
11	BN 160MR	4	1440	73	87	0.82	22.3	5.9	2.7	2.5	360	70	FD 07	150	—	850	382	86	FA 07	150	850	382	88							
15	BN 160L	4	1460	98	89	0.82	29.7	5.9	2.3	2.1	650	99	FD 08	200	—	750	725	129	FA 08	200	750	710	128							
18.5	BN 180M	4	1460	121	89	0.81	37.0	6.2	2.6	2.5	790	115	FD 08	250	—	700	865	145												
22	BN 180L	4	1465	143	89	0.82	45	6.5	2.5	2.5	1250	135	FD 09	300	—	400	1450	175	FA 08	250	700	850	144							
30	BN 200L	4	1465	196	90	0.83	58	7.1	2.7	2.8	1650	157	FD 09	400	—	300	1850	197												

Figura 32: Características del motor Bonfiglioli. (Fuente: Catálogo Bonfiglioli-Ficha técnica)

El motor escogido será el BN 180L dado que satisface las necesidades del proyecto. La potencia del motor (P<sub>m</sub>) es de 22 kW

## ANEXO I: ANTECEDENTES.

### A1.1 EDAD ANTIGUA.

Los primeros dispositivos de elevación y transporte de cargas fueron las palancas, las poleas, los rodillos y los planos inclinados. La realización de grandes trabajos de construcción con este tipo de equipamiento exigía una enorme cantidad de personas. Un ejemplo lo tenemos en la construcción de la pirámide de Cheops (siglo XXII a.C.) de 147 metros de altura y 90 toneladas de peso aproximadamente. Su construcción duro aproximadamente 20 años y estuvieron ocupadas permanentemente cerca de cien mil personas

Alrededor del 2820 a.C., se obtienen en China fibras resistentes a partir de la planta del cáñamo, precursores de los actuales cables de acero. Los primeros elevadores de palanca, prototipos primitivos de los aparatos elevadores actuales con una pluma en voladizo, se utilizaron en China e India para elevar el agua en el siglo XXII a.C.

Hacia 1550 a.C., se generaliza en Egipto y Mesopotamia el empleo del *shadoof*, un mecanismo de palanca utilizado para elevar el agua procedente de los ríos con el fin de regar los campos. Desde el punto de vista mecánico, el *shadoof* se basa en la ley de la palanca. La mecánica aplicada en las culturas que viven junto al Éufrates y el Nilo está dominada por cuatro elementos fundamentales: el plano inclinado, la cuña, el rodillo y la palanca. El *shadoof* es una forma más compleja de una construcción basada en la palanca. Sobre una columna fija, se monta una palanca de dos brazos alrededor de un eje que puede girar en dirección horizontal.

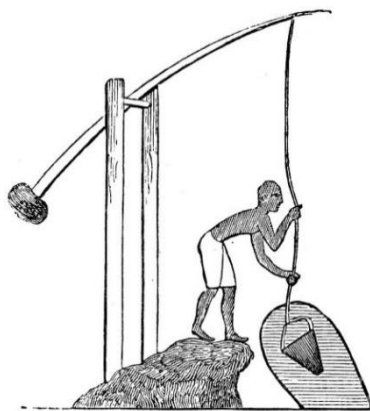


Figura 33: Shadoof. (Fuente: <https://fineartamerica.com>)



Los brazos son de longitudes diferentes, disponiendo el más corto de ellos de un contrapeso, una piedra, suficiente para elevar lleno el cubo que va sujeto al extremo del brazo más largo. La persona que acciona el *shadoof* trabaja colocada bajo este último brazo. Su función consiste en hacerlo bajar cuando el cubo está vacío, acción que permite introducirlo bajo el agua.

#### A1.2 DE LA POLEA DE CABLE A LA RUEDA DE LA GRÚA.

Hacia 1510 a.C., se aplica en Mesopotamia la rueda, hasta ahora utilizada sólo en los carros, en los tornos de alfarero y en las ruedas, a dispositivos mecánicos, convirtiéndose de este modo en un instrumento para la utilización de las fuerzas y la simplificación de los trabajos. Gracias a ello, la resistencia debida a la fricción se reduce a la reinante entre el eje y el cojinete. La polea de cable resulta especialmente importante para transformar fuerzas sin que se produzca una fricción en la cuerda. No es posible demostrar si la polea de cable se emplea ya en Mesopotamia o si se utiliza en Egipto hacia esta época a modo de polea sencilla.

Es probable que este principio se conozca antes que la polea de cable, en forma de un lazo de cuerda que rodea la punta de un obelisco que hay que levantar, mientras que un extremo de la cuerda va sujeto a la puerta de entrada de un templo y se tira del extremo libre. Los habitantes de Mesopotamia utilizan como primera máquina accionada por fuerza muscular ruedas huecas de varios metros de diámetro, en cuyo interior o sobre cuya superficie externa corre una persona. La fuerza generada por dichas ruedas se emplea al principio para accionar dispositivos de extracción de agua.

Hacia 700 a.C., los mecánicos griegos desarrollan la técnica de la descomposición de las fuerzas con ayuda de los llamados polipastos. El polipasto se compone de una polea fija y una segunda sujeta al objeto a desplazar. Una cuerda discurre, partiendo de un punto fijo, primero alrededor de la polea móvil y después de la fija. Estirando del extremo libre, la carga se desplaza únicamente la mitad de la distancia que lo hace el extremo libre.

El periodo grecorromano (siglo X a.C. a siglo V d.C.) constituye una etapa de gran impulso en la evolución de la tecnología de la elevación. Un elemento clave para la elevación es la polea compuesta. Su origen se remonta a la Grecia clásica. Eurípides (480 – 406 a.C.).



Tres inventores griegos deben ser mencionados en la Historia de la elevación: Ctesibio, padre de hidráulica, Arquímedes, descubridor del tornillo sin fin y Herón de Alejandría, inventor de la polea compuesta.

Ctesibio vivió en Alejandría hacia 270 a.C. Montó en la barbería de su padre un espejo que colgaba de una cuerda provista de un contrapeso, de modo que su altura pudiera ajustarse a la del cliente. Ctesibio fabricó el primer cilindro provisto de un émbolo, al que cabe considerar como la primera bomba de pistón. Fue el primero en utilizar una rueda dentada. También sugirió el uso de muelles de bronce como medio de acumulación de energía.

Arquímedes (287 – 212 a.C.) además de descubrir el tornillo sin fin, principio en el que se basan los elevadores y transportadores utilizados hoy en día, desarrolló un dispositivo elevador que funcionaba con cables de cáñamo y poleas movidas por el hombre.

### A1.3 IMPULSO DE LA MECÁNICA

En el siglo III a.C., Arquímedes descubrió las leyes de la palanca. Este griego, que vivía en Siracusa, creó un sistema teórico sobre la multiplicación de la fuerza que se consigue con la palanca, el efecto de la cuña y la utilización del plano inclinado y de la polea, fenómenos que desde hacía milenios venían aprovechándose como algo evidente. Desarrolló una extensa teoría acerca de los polipastos con las transmisiones de fuerza 2:1, 3:1 (*tripastos*) y 5:1 (*pentapastos*).

Construyó también un polipasto, en el que varias cuerdas discurrían paralelas por numerosos rodillos, con lo que se distribuían entre sí la fuerza de cargas muy pesadas. Sin embargo, fueron los romanos y no los griegos, los que sacaron un rendimiento práctico a estos trabajos teóricos, lograron la realización técnica; disponían de las cuerdas de resistencia suficiente y, con el curso del tiempo, incluso de cordeles de alambre. Con el principio del polipasto, los romanos construyeron grandes grúas para cargas muy pesadas, con uno o dos árboles inclinados, sujetos mediante cabos.

La mayoría de estas grúas podían bascularse y, en la cubierta del navío insignia del emperador Calígula, incluso se instaló una giratoria que se movía sobre una plataforma redonda, apoyada en cojinetes de bolas. No obstante, quedó como una pieza única.



Sin duda, Herón de Alejandría (siglo I d.C.) dio un impulso importante a varias técnicas relacionadas con la elevación. En su obra *Mechanica*, además de la cuña, el tornillo y la rueda con un eje, describe la polea compuesta. Todos se basan en el mismo principio de la palanca; una pequeña fuerza que actúa desde una gran distancia se transforma en una gran fuerza que actúa desde una pequeña distancia. También Herón describió los trenes de engranajes, aunque su utilidad fue muy limitada debido a las pérdidas de potencia que resultaban de los primitivos métodos de construcción.

En el siglo II a.C. se utilizaba en Egipto la llamada rueda persa o *saquiya*, que consistía esencialmente en recipientes dispuestos alrededor de la circunferencia de una rueda, la cual giraba mediante energía humana o animal, introduciéndolos en el agua, sin duda el primer prototipo del actual elevador de cangilones. Vitruvio, en el siglo I d.C., diseñó un molino hidráulico que funcionaba como esta rueda persa, pero en sentido contrario.

El cable metálico más antiguo conocido es el cable encontrado en Pompeya, que se exhibe en el Museo Nacional de Nápoles. Está compuesto por 57 hilos de bronce entrelazados, de 0,7 mm de diámetro y 4,5 metros de longitud. Probablemente, se empleaba en la marina. Los hilos de este cable no estaban trefilados, sino que estaban o bien forjados o troquelados en cintas estrechas en la chapa. Ningún manuscrito confirma el empleo de hilos en la producción de cables.

## A2. LA EDAD MEDIA

De este periodo (siglo V d.C. a XVII d.C.) se conocen instalaciones de elevación que apenas se diferencian de las antiguas. El desarrollo del comercio, la navegación y la industria minera y metalúrgica en los siglos XI y XII contribuyó a perfeccionar las máquinas de elevación y a ampliar los sectores de aplicación. La catedral de Sofía en Novgorod (Rusia) en el siglo XI puede citarse como ejemplo de aplicación de sistemas de aparejos complejos.

Leonardo Da Vinci parte de problemas difíciles, buscando para ellos soluciones de tipo técnico. De este modo, crea una grúa móvil para facilitar las labores de construcción en las que hay que elevar cargas pesadas. Dicha grúa está montada sobre un vehículo y se gobierna desde arriba mediante un cable tensado. El guinche de cable puede accionarse con una manivela dotada de transmisión por ruedas dentadas. Gracias a ello es posible elevar una carga. El



gancho que sujeta la carga dispone un dispositivo automático accionado a distancia para soltarla.

Para hacer navegables los ríos y canales, Leonardo construye una excavadora flotante con ruedas de cangilones, instalada sobre dos barcas amarradas y que descarga el lodo en carros.

Leonardo no propone este tipo de construcciones sólo como conceptos sin elaborar, sino que soluciona todos los detalles relacionados con ellas e inventa así una serie de nuevos elementos para las máquinas. Tornillos sin fin, engranajes helicoidales, una cadena articulada y diversos cojinetes de rodillos y bolas, así como rodamientos axiales.

Georg Bauer (1490-1565) trabajó como médico en los centros mineros de Sajonia y su obra *De re metallica*, del año 1556, constituye una guía exacta de los sistemas empleados durante la alta Edad Media en una industria altamente tradicional. En *De re metallica*, aparece el esquema de un aparato de elevación en una mina. No existen diferencias significativas respecto a periodos primitivos, excepto en lo que se refiere a una vagoneta que debía correr por un surco.

El libro titulado *The English improver improved* (1652) habla de sistemas de elevación y describe el elevador de cangilones entre otros sistemas tales como norias, molinos o arcaduces.

En el siglo XV, uno de los aparatos realizados es la grúa Trier, que constituye el monumento principal de la ciudad alemana de Moseta. Es una grúa de columna de madera que lleva en la parte superior otras dos vigas horizontales también de madera contrabalanceadas mutuamente por dos riostras de hierro. La columna lleva en su base una espiga de hierro y apoya en un tejuelo del mismo material. La cadena tractora se arrolla en un tambor soportado por la misma columna. La carga a elevar se estima en valores superiores a 2,5 toneladas. Esta grúa está encerrada en un edificio monumental en forma de torre.



*Figura 34: Grúa Trier (Fuente: <https://luxemburgues.wordpress.com>)*

En diversos grabados del siglo XVII, se muestran muelles de descarga donde se aprecia una notable actividad portuaria. Se observan grúas simples en voladizo, donde una polea superior era recorrida por una soga que por un lado amarraba la carga y por el otro era arrollada manualmente en tambores de gran diámetro con objeto de disminuir el esfuerzo del operario.

Sobre el año 1630, se construye una grúa en la ciudad alemana de Augsburgo. Consistía en una columna de madera mantenida verticalmente por cuatro tirantes del mismo material. La columna, en su parte superior, alojaba una viga horizontal o pluma en voladizo. Un tambor y un sistema de poleas componían el circuito de elevación. La potencia de elevación era obtenida mediante una rueda de gran diámetro acoplada al tambor. Siguiendo los esquemas clásicos aparecidos en el siglo I d.C., varios hombres, con su propio peso, elevaban 600 kg. La carga máxima era de 10 toneladas.

### A3. EL VAPOR COMO SISTEMA DE TRACCIÓN.

Solo cuando James Watt inventó la máquina de vapor comenzó a considerarse la posibilidad de utilizar esta forma de energía para los dispositivos de elevación, haciéndose uso de ella por primera vez para subir el mineral desde el fondo de una mina de carbón hacia el año 1800. A principios del siglo XIX hicieron su aparición grúas movidas por máquinas de vapor que se usaban básicamente para el transporte vertical de carga, solo ocasionalmente de personas.

#### A4. EL CONGRESO DE PARÍS DE 1889.

A finales del siglo XX, el hombre tenía los conocimientos y la tecnología suficientes como para elevar una carga siguiendo en la línea de progreso emprendida en el siglo XVIII, pero aparecieron nuevos problemas. Con objeto de buscar una cooperación internacional, se reunieron en París en el año 1889 los principales técnicos de una gran parte de países europeos.

La importancia del Congreso fue de primer orden debido fundamentalmente a la época en que se dio pues, al haberse aplicado la energía eléctrica de forma reciente, el hombre buscaba solución a los problemas técnicos suscitados por las nuevas tecnologías y energías. Algunas contribuciones se citan a continuación:

En el año 1867, entre las primeras grúas portuarias, se construyó una grúa de puerto de 50 toneladas de alcance variable. Mediante un mecanismo articulado y la traslación de una estructura auxiliar, se obtenía una trayectoria de la carga de apenas variación vertical. Una máquina de vapor accionaba los mecanismos de traslación y elevación. Con esta construcción, la compañía *Fives-Lille* obtenía un aparato sofisticado de elevado rendimiento debido a que la carga en el desplazamiento horizontal no generaba ningún cambio apenas en su energía potencial. En consecuencia, la potencia necesaria era mínima.

Las empresas inglesas *Hunter* y *English* construyeron en el año 1886 una interesante grúa movida por una máquina de vapor. La peculiaridad del aparato residía en su capacidad de carga, ya que por ejemplo, su carga máxima de elevación a 16 metros era de 50 toneladas.

El técnico M. Guyenet diseñó en el año 1888 un moderno carro de puente grúa. En el citado elemento, mediante las recientes aplicaciones de la electricidad, se conseguía accionar los mecanismos de maniobra de elevación de la carga. Asimismo, los frenos actuaban con mecanismos de seguridad. El resultado del diseño fue la consecución de uno de los primeros carros eléctricos con dispositivos de seguridad eléctricos en la frenada. Este proyecto, a la vez que ambicioso, era un preludio de lo que iban a ser los próximos años en la evolución de la grúa, ya que la seguridad iba a ser un tema de investigación de primera línea.

## A5. LA SEGURIDAD Y EL RUIDO

Los principios del siglo XX estarán marcados por un conocimiento de los mecanismos eléctricos y mecánicos de los aparatos de elevación. El propio conocimiento citado implicaba la preocupación por dos temas fundamentales: la seguridad y el ruido.

Los procesos tecnológicos de fabricación de piezas metálicas iban evolucionando considerablemente, de manera que la prensa había obtenido notables resultados; la fundición estaba imponiéndose en piezas irregulares y se empezaban a apuntar novedosas técnicas de laminación. Este cambio en la tecnología del acero implicó estructuras estables y resistentes debido a la mayor cantidad del acero y la evolución de las uniones estructurales atornilladas o roblonadas con notables características. Un ejemplo de esta evolución son las grúas realizadas por las empresas *Briausk*, *Krauctorsk* y *Putilov* en Rusia a principios del siglo XX.

La sociedad americana mecanizaba los puertos mediante grúas sobre neumáticos que recorrían las instalaciones portuarias con una gran flexibilidad de movimientos. Con objeto de obtener unas idóneas condiciones de seguridad, las grúas se equipaban con controladores de basculamiento y frenos basados en las corrientes de Foucault.

Las cadenas, utilizadas a lo largo de los siglos XVIII y XIX como elementos de transmisión flexibles entre la carga y el órgano de arrollamiento, fueron sustituidas por modernos cables metálicos. En prototipos de grúas de comienzos del siglo XX, se aprecian cables metálicos de alta resistencia y de silenciosa marcha.

A lo largo de la Edad Media, se utilizaron como elementos reductores engranajes de dientes rectos. En los años de transición entre los siglos XIX y XX, Ravelli diseñó una transmisión para carros de elevación que fue el primer paso para el engranaje helicoidal. Este tipo de transmisión, introducido por Leason en la primera mitad del siglo XX, se caracteriza por su elevado rendimiento y su engranaje silencioso.

En los movimientos de orientación de grandes grúas y en máquinas siderúrgicas de elevación, se requieren rodamientos de elevado diámetro que sean estables, resistentes y seguros. En el año 1946, la Dirección de Puertos Marítimos, en un programa de normalización, imponía la circulación sobre



rodamientos de bolas. Las empresas *Timken* y *Proestamen* inglesas y la sociedad alemana *Rothe Erde* idearon un sistema de suspensión del pivote central de giro y de disposición de un gran rodamiento de gran diámetro que absorbía los momentos de giro. Al mismo tiempo, también la sociedad francesa *RKS* del grupo *SKF*, captando la idea de los automóviles *Panhard*, lanzaba al mercado un gran rodamiento de rodillos alternados que constituían el primer prototipo de los grandes rodamientos de giro de plataforma que existen hoy en día.

#### A6. EL ALIGERAMIENTO COMO ELEMENTO DE AHORRO ENERGETICO.

El hombre ha ideado durante los cinco siglos pasados máquinas progresivamente más sofisticadas pero realizadas sobre materiales de alta densidad.

A partir de los años cincuenta, la fuerte competencia entre las diferentes marcas, los problemas energéticos derivados del petróleo y la posibilidad de elevar mayores cargas con la misma potencia del motor han originado una tendencia generalizada del diseño de la grúa hacia una disminución de su propio peso.

En 1948, en el Congreso de Amberes, M.L. Descans trazó las líneas maestras de la nueva tecnología en grúas de puertos, que en muy poco tiempo fueron puestas en marcha.

En 1949, los puertos marítimos alemanes y, en particular, el de Bremen, tomaron la iniciativa en un tipo de construcción radicalmente nuevo para grúas de gancho con objeto de conseguir un aligeramiento de peso: las grúas *monobloc*, explicadas por el profesor H. Ernst en el año 1954 en la revista V.D.I. y, en 1957, en *Stahlbau*.

Estos aparatos consistían en una estructura unitaria que representaba un reducido peso propio debido a la utilización de tubos de acero de características elevadas: Cortem de Usinor, Werten de De Wendel-Sidelor, Ni-Cu-Nb o a base de aleaciones de aluminios. Asimismo, las paredes de las vigas cajón eran notablemente disminuidas debido a la elevación del límite elástico del material.

A Bremen le siguieron los puertos de Le Havre, Marsella y, progresivamente, el resto de los puertos europeos y no europeos.

Continuando con grúas de puerto, es preciso mencionar Estrasburgo, que

en 1969 configuró la más reciente instalación para mantenimiento de contenedores, iniciando la normalización del sistema de carga en longitudes de veinte, treinta y cuarenta pies.

En lo que concierne a las grúas pórtico, las empresas *MAN* de Nüremberg y Van Roll de la Confederación Helvética realizaron construcciones altamente aligeradas basadas en una única viga principal recorrida por un carro en voladizo. La rodadura del carro, altamente económica y original, se llevaba a cabo por medio de cuatro rodillos situados a dos cotas diferentes. El momento de la carga en voladizo generaba dos componentes horizontales, por lo que se precisaban dos rodillos horizontales y otros tantos dispuestos en una cota superior que, inclinados, absorbían las reacciones verticales y horizontales.

La estructura, un pórtico simple, reunía las condiciones de estabilidad mediante unas vigas longitudinales de rodaduras acopladas rígidamente a los extremos inferiores de los postes.

En el campo de los puentes grúa, la empresa *DEMAG* de Alemania obtuvo a partir de la década de los cincuenta notables progresos mediante la sustitución de puentes grúa de doble viga principal por vigas simples aligeradas para una amplia gama de cargas.

El mecanismo de elevación estaba constituido por compactos polipastos cuya estructura resistente es la propia carcasa de los grupos motrices de elevación. Con esta filosofía se acoplaban en serie tambor, reductor de elevación, acoplamiento, freno de tambor y motor de elevación. La viga principal estaba constituida en estos modelos por perfiles laminados de tipo IPN.

Las monumentales grúas portacontenedores fueron continuamente objeto de mejoras que disminuían progresivamente las 1000 toneladas de peso propio que inicialmente tenían.

La tendencia inicial fue la optimización estructural, que originó grúas conformadas en sección cajón con la viga principal realizada en celosía. Se pueden citar *Vickers* en Londres, *Stothert y Pitt* en Liverpool, *Clyde Crane* y *Both* en Grange Mouth, *Demog* en Rotterdam y *Paceco* en Los Ángeles.

La construcción de la viga principal en celosía encarecía el proceso de fabricación, pero disminuía de forma notable el peso de la citada viga y con él la potencia de los motores de elevación de la viga principal y de traslación.

En grúas portacontenedores de carro muy giratorio se introdujo la novedad de disponer los mecanismos de elevación y traslación del carro en una cabina situada sobre la viga principal. Con este diseño, el carro estaba compuesto por una estructura simple, cuatro rodillos de giro y cuatro poleas de paso de cable. Obviamente disminuyó el peso del carro con el correspondiente accionamiento y el propio carro se llevó a cabo mediante un sistema de poleas que mantenía fija la altura de la carga ante un movimiento de traslación del carro.

Estructuralmente, se obtuvieron altos aligeramientos mediante la utilización de aceros de alto límite elástico. Hasta hace muy pocos años se construían tanto el bastidor como la pluma en acero tipo T1 (700 MPa de límite elástico). En la actualidad, se tienden a utilizar modernos aceros de 900 MPa de límite elástico. Con estos materiales, la pluma se deformaba varios metros en punta y el bastidor se torsionaba de forma visible, recuperando su geometría inicial en el momento de liberación de la carga. La pluma se diseñaba con estudiadas secciones que soportaban altos esfuerzos de compresión y flexión. La sección continua era asistida con perfiles cuidadosamente dispuestos para la correcta transmisión de esfuerzos.



## ANEXO II: TIPOS DE GRÚA.

### A2.1 INTRODUCCIÓN A LAS GRÚAS

Una grúa es un aparato o máquina de elevación de movimiento discontinuo destinado a elevar, bajar y distribuir cargas verticalmente para moverlas horizontalmente en el espacio mientras se quedan suspendidas de un gancho.

Por regla general, son aparatos que cuentan con poleas acanaladas, contrapesos, mecanismos simples, etc. para crear ventaja mecánica y lograr mover grandes cargas.

Existen muchos tipos de grúas diferentes, cada una adaptada a un propósito específico. Los tamaños se extienden desde las más pequeñas grúas de horca, usadas en el interior de los talleres, grúas torre, usadas para construir edificios altos, hasta las grúas flotantes, usadas para construir aparejos de aceite y para rescatar barcos encallados.

Las aplicaciones de los distintos tipos de grúas son muy diversas. Son muy comunes en obras de construcción, puertos, instalaciones industriales y otros lugares donde es necesario trasladar cargas. Existe una gran variedad de grúas, diseñadas conforme a la acción que vayan a desarrollar. Más abajo se detallan los distintos tipos de grúas.

Uno de los principales problemas de una grúa, además de levantar la gran cantidad de peso, reside en mantener el equilibrio. En numerosas ocasiones, el único soporte de la grúa reside en su base, con la que, a través de diversos artilugios, se desplaza el centro de gravedad de la máquina y el peso que sostiene.

### A2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS GRÚAS

#### A2.2.1 GRÚAS PORTUARIAS

Una de las infraestructuras básicas para la manipulación de mercancías y barcos en todo tipo de puertos son las grúas, sobre todo en los puertos comerciales donde la carga, descarga, estiba y desestiba son acciones clave para el desarrollo y funcionamiento de estos puertos.

Las grúas se utilizan para la carga entre el puerto y el buque, con el fin de organizarla y apilarla, pero también para la varada de barcos, almacenaje en seco, reparación de buques u operaciones auxiliares. Estas últimas, según las



actividades que deban desarrollar y espacios disponibles, pueden ser instaladas en distintas estructuras (por ejemplo, en la parte superior de una pasarela telescópica de tipo columna y/o tipo torre), y estar equipadas con diferentes accesorios o rangos de alcance; también pueden contar con una amplia variedad de accesorios, como cabrestantes, mecanismo de manejo hidráulico, controles a distancia, limitador de carga y válvula de contrapeso, entre otros.

### A2.2.2 PUENTE GRÚA

El puente grúa es un tipo de aparato de elevación compuesto por una viga, simple o doble, biapoyada sobre dos carriles elevados sobre unos postes, dispuestos a tal efecto o componentes de la estructura resistente de la nave o edificación. El movimiento longitudinal se lleva a cabo mediante la translación de la viga principal o puente a través de los carriles elevados. En la práctica totalidad de los casos, la rodadura es por ruedas metálicas sobre carriles también metálicos. El movimiento transversal se realiza mediante el desplazamiento de un polipasto o carro sobre uno o dos carriles dispuestos sobre la viga principal. Como en el caso anterior la rodadura es para todos los casos de tipo acero-acero. El movimiento vertical se ejecuta a través del mecanismo de elevación: polipasto o carro.



Figura 35: Puente grúa. (Fuente: Catálogo DEMAG-Ficha técnica)

### A2.3 GRÚA PÓRTICO

La grúa - pórtico es un aparato de elevación compuesto por dos o cuatro postes que elevan una estructura puente por donde circula el mecanismo de elevación. El movimiento longitudinal se realiza al nivel del suelo a través de unos paquetes de rodadura situados en las partes inferiores de los postes. Normalmente, la rodadura es sobre carril metálico, aunque también existen realizaciones especiales sobre neumáticos. El movimiento transversal se lleva a cabo en la viga puente, elevada, sobre unos carriles metálicos dispuestos a tal efecto. El movimiento vertical se realiza a través del mecanismo de elevación. Presenta la ventaja de tener un coste de primera instalación reducido con respecto al puente grúa ya que no es necesaria la elevación de las vigas carriles. Por lo tanto, es posible su instalación en patios de factorías o espacios abiertos. Por otra parte, a igualdad de carga útil, al existir mayor peso móvil, aumenta la potencia de translación de la estructura.



*Figura 36: Grúa-pórtico. (Fuente: G H. CRANES & COMPONENTS-Ficha técnica)*

## A2.4 GRÚA CONSOLA

La grúa consola es un aparato de elevación conformado por una estructura en L invertida, dispuesta en voladizo en la parte superior de las paredes longitudinales de la nave. El movimiento longitudinal se realiza a través de tres carriles de rodadura situados en la parte superior de las paredes longitudinales de la nave. El movimiento transversal se lleva a cabo mediante un carro que circula por dos carriles en disposición transversal. El movimiento vertical se realiza a través del mecanismo de elevación.



*Figura 37: Grúa consola. (Fuente: Catálogo ABUS-Ficha técnica)*

## A2.5 GRÚA GIRATORIA DE COLUMNA

### A2.5.1 Grúas giratorias de columna giratoria

Este tipo de aparatos de elevación consiste básicamente en una pluma giratoria, solidaria a una columna articulada verticalmente en sus extremos inferior y superior.

El movimiento de giro se realiza a través de dos cojinetes dispuestos en los soportes que articulan la columna. El movimiento de translación del carro se lleva a lo largo de la parte superior de la pluma. El movimiento de elevación se realiza a través del carro o polipasto. Se utiliza en naves de transbordo, almacenes, puertos, talleres de máquinas, herramientas y transporte de piezas. Su capacidad máxima es alrededor de 6 toneladas El alcance máximo alcanza los 8 metros. Una limitación importante es la necesidad de ubicar el aparato próximo a una pared para anclaje superior de la columna. Este hecho imposibilita el giro completo de la pluma

#### A2.5.2 Grúa giratoria de columna fija

Este tipo de grúa es la que se va a tratar de diseñar en este proyecto, consta de una estructura formada por una pluma anclada a una columna fija mediante unos rodamientos situados a diferentes alturas o uno de gran diámetro situado a una sola altura

Cuando los rodamientos están situados a diferentes alturas, los elementos deslizantes son unos rodillos situados en la altura inferior los cuales se desplazan sobre el perímetro de la columna

En el caso de la utilización de un rodamiento de giro este es el encargado de absorber el momento de vuelco y el peso de la pluma y la carga, además de actuar como elemento deslizante.

En los primeros diseños de estas grúas se utilizaba contrapeso para reducir el momento de vuelco, pero en la hoy en día, la estructura y la cimentación se calculan para absorber todo el par de vuelco.

En cuanto a la forma de fabricación de la estructura, hace unos años se utilizaban celosías remachadas, la tendencia actual en cambio, debido fundamentalmente al coste del proceso de fabricación, es utilizar estructuras viga cajón.

Por otra parte, la columna está fija al suelo debido a un rígido empotramiento a una zapata. Las grúas giratorias de columna fija son autosuficientes y pueden ser impermeabilizadas completamente, esto las convierte en una buena opción para el trabajo al aire libre.

Se pueden utilizar en naves de trasbordo, almacenes, puertos, talleres de máquinas, herramientas y transporte de piezas.





Tiene la ventaja de que al contar con una cimentación propia e independiente puede realizar un giro de 360° de pluma.

## A2.6 GRÚA GIRATORIA DE PLATAFORMA

Son grúas giratorias cuya base de giro constituida por una plataforma, generalmente de altas dimensiones y de disposición horizontal. El uso habitual de este tipo de grúas es en operaciones de carga y descarga y de buques.

### A2.6.1 Grúas de cubierta

Una grúa de cubierta presenta tres tipos de movimiento:

- Movimiento de elevación de la pluma a través de un cable denominado amantillo. Con este movimiento se varia la situación de la carga en sentido radial.
- Movimiento de giro de la grúa por medio de un rodamiento sobre la estructura fija también denominada polín.
- Movimientos de elevación de la carga por medio del mecanismo de elevación

La estructura giratoria consta de un cuerpo central o castillete y una pluma, articulada en la parte inferior del castillete. En el interior del cuerpo central se alojan los mecanismos de giro y de elevación. De estos mecanismos de elevación parten dos cables, totalmente independientes, uno que regula movimiento de elevación de la carga y otro denominado amantillo que regula el movimiento de elevación de la pluma.

### A2.6.2 Grúas de puerto

Una grúa de puerto presenta cuatro movimientos fundamentales:

- Movimiento de cambio de alcance. Es preciso mencionar que en este tipo de aparatos es frecuente encontrar mecanismos de alcance variable de la pluma.
- Movimiento de giro de la grúa, por medio de rodillos o bien mediante un rodamiento
- Movimiento de elevación de la carga por medio del mecanismo de elevación.
- Movimiento de translación del pórtico de sustentación.

En cuanto al mecanismo de elevación de la carga, por necesidades constructivas está ubicado en el interior de la cabina, en la parte inferior de la estructura giratoria. A partir del tambor, el cable recorre diversas poleas, hasta llegar al gancho o aparejo. Próximo al mecanismo de elevación, se enclava al mecanismo de giro, que consiste básicamente, en motores eléctricos dispuestos verticalmente, o bien en dispositivos consistentes en reducciones de tipo tornillo sin fin. El accionamiento es eléctrico para todos los movimientos descritos. La plataforma base puede estar elevada sobre estructuras aporticadas bien semiporticos, dependiendo de la distribución portuaria. Las grúas existentes para tráfico portuario tienen una capacidad de carga máxima de 30 toneladas. El alcance máximo es de 30 metros.

## A2.7 GRÚAS PORTACONTENEDORES

Las grúas portacontenedores son aparatos de elevadas dimensiones, situado en zonas portuarias y cuyas misiones principalmente son la carga y descarga containerizada de buques, así como de material a granel. Existen cinco movimientos:

- Movimiento de translación de la grúa, a través de carriles metálicos situados en el suelo.
- Movimiento de translación del carro, a través de carriles metálicos implementados sobre la viga principal.
- Movimiento de elevación de la carga por medio del mecanismo de elevación.
- Movimiento de elevación de la parte lado de agua de la viga principal por medio de motores auxiliares situados en la propia viga principal. Este movimiento es necesario para que el aparato deje libre el espacio sobre el mar para el tráfico normal de buques.
- Movimiento de giro de carro, por medio de un rodamiento. Tiene por objeto, adaptar el spreader a una disposición aleatoria del contenedor a cargar.

El accionamiento de los diferentes movimientos se realiza mediante motores eléctricos de corriente continua. En una construcción elevada se ubica un equipo de transformación que a partir de la instalación de corriente alterna del puerto, alimenta el equipo eléctrico de la grúa. La carga útil es generalmente de 40

toneladas. El lado agua de la viga principal suele tener de 20 a 25 metros. La altura de la grúa oscila entre 30 y 60 metros. La velocidad del carro es del orden de 100 m/min. La velocidad de la estructura es del orden de 20 m/min.

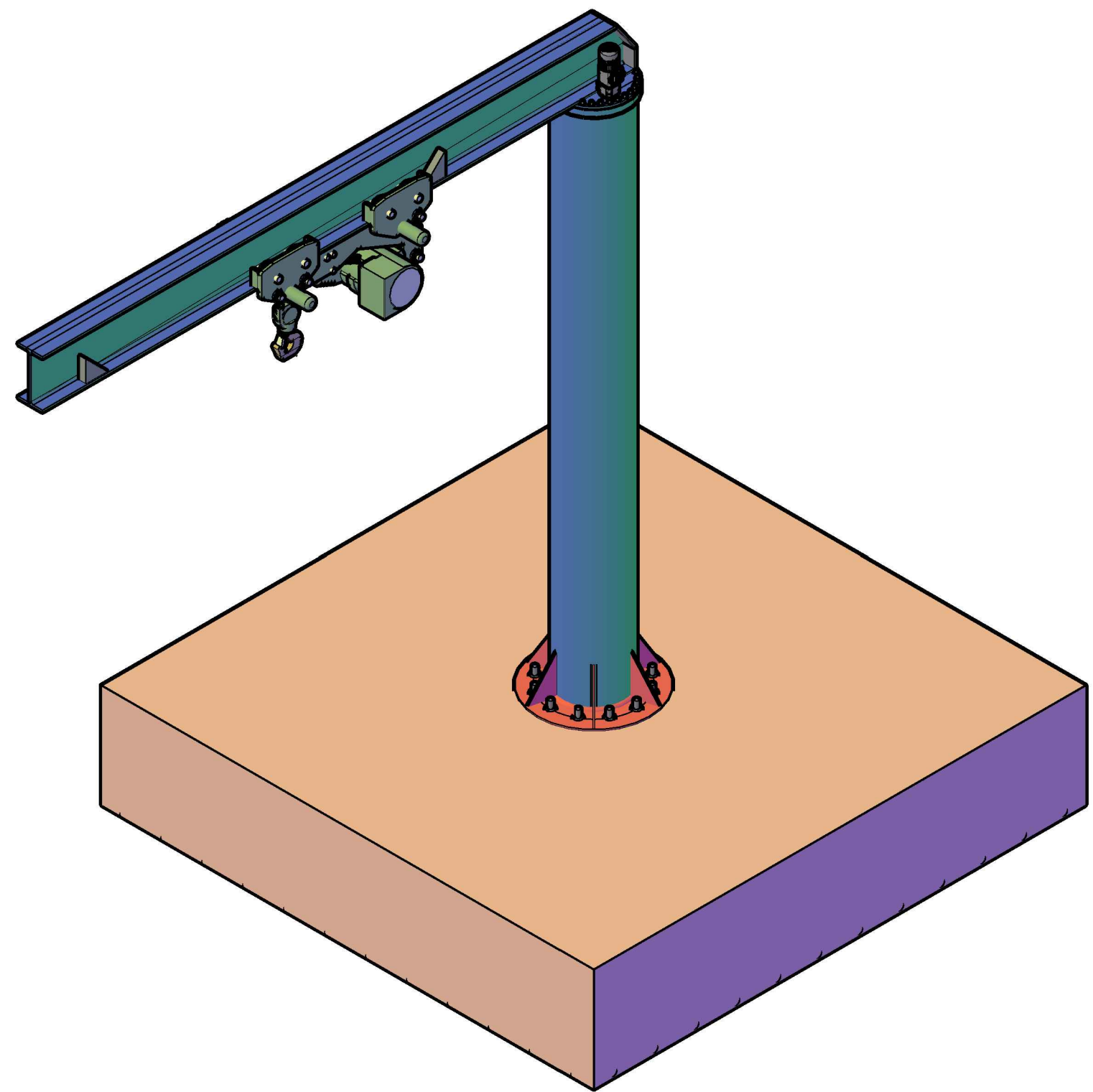



*Figura 38: Grúa portacontenedores. (Fuente: Catálogo Liebherr-Ficha técnica)*

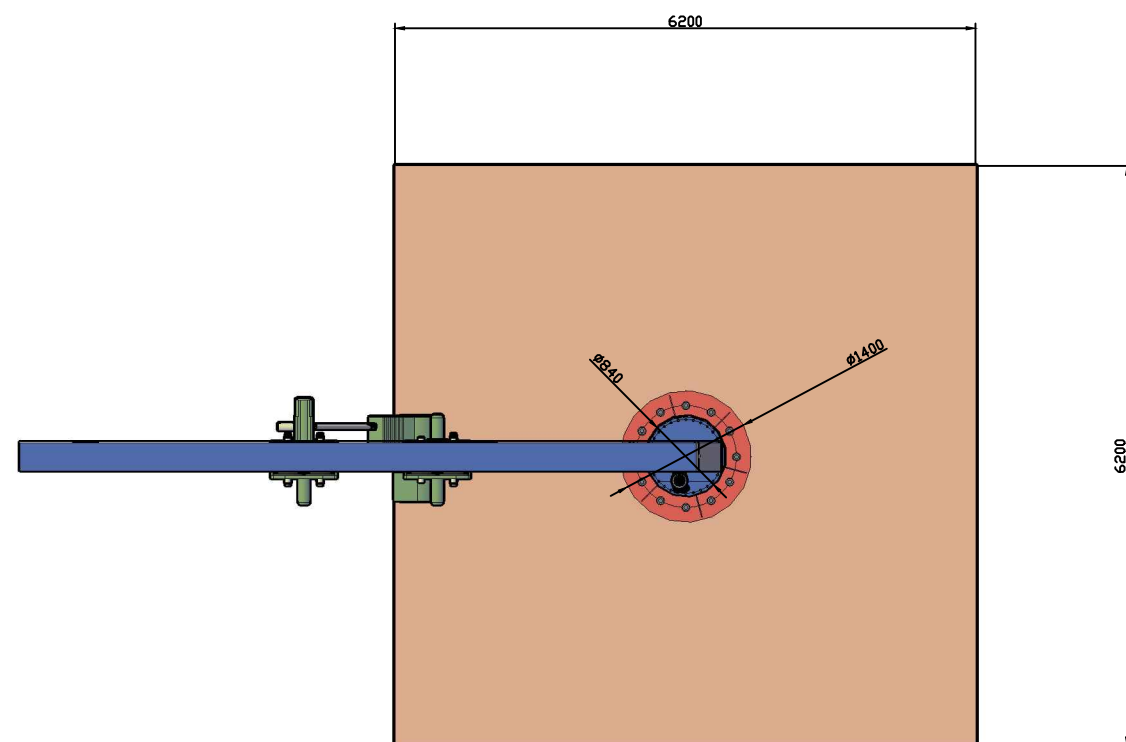
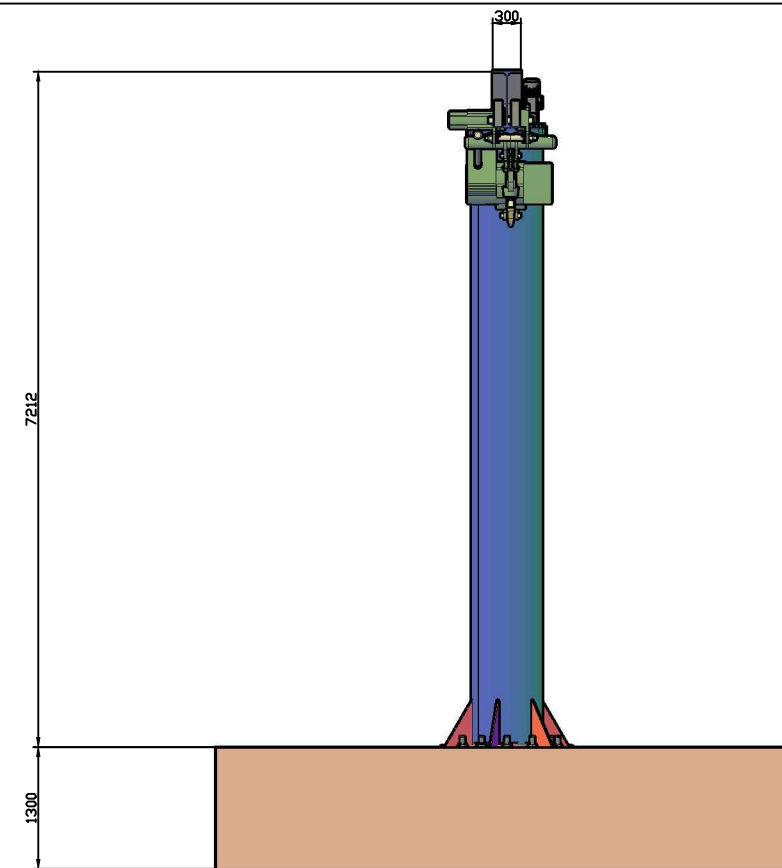
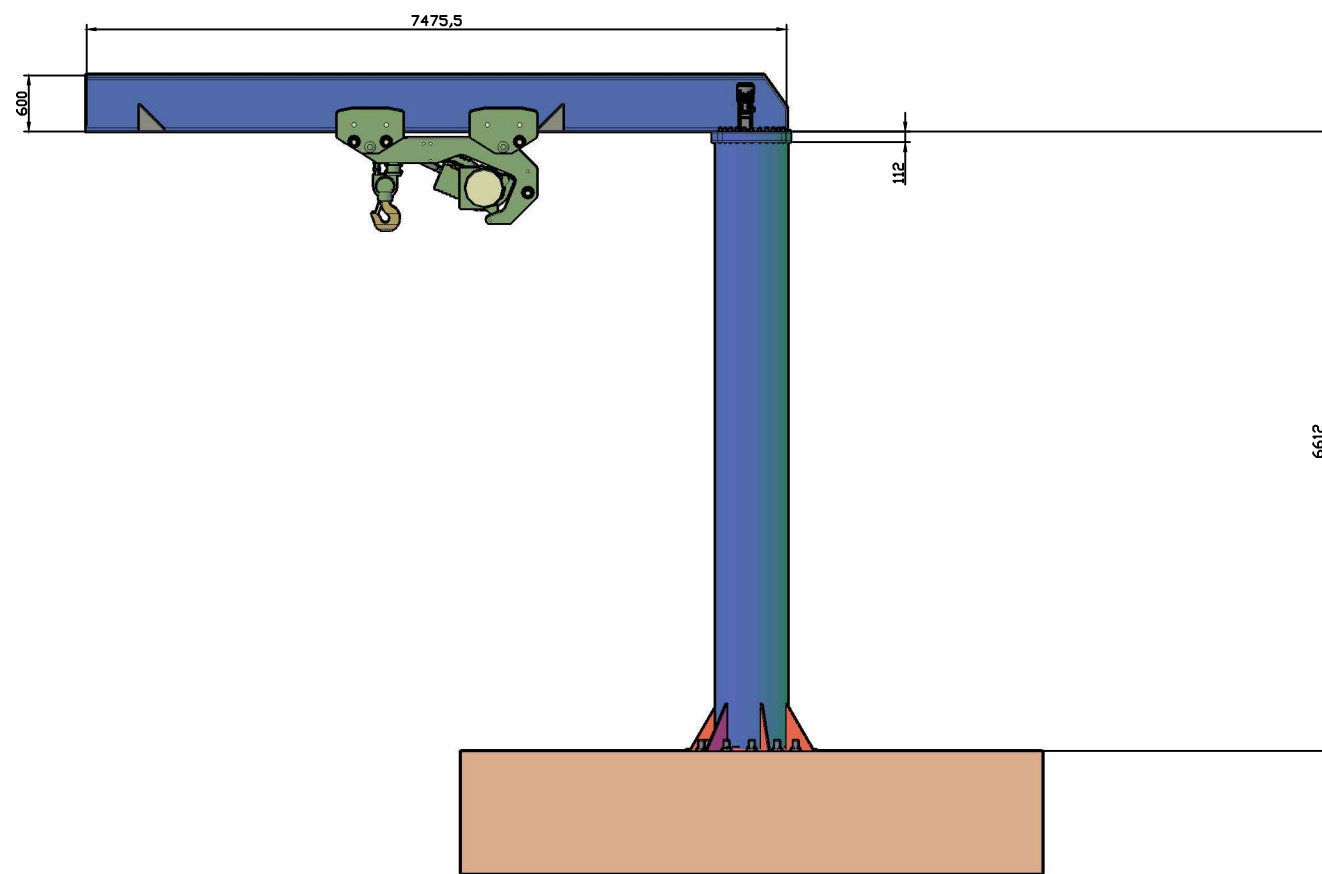


## 2. PLANOS.

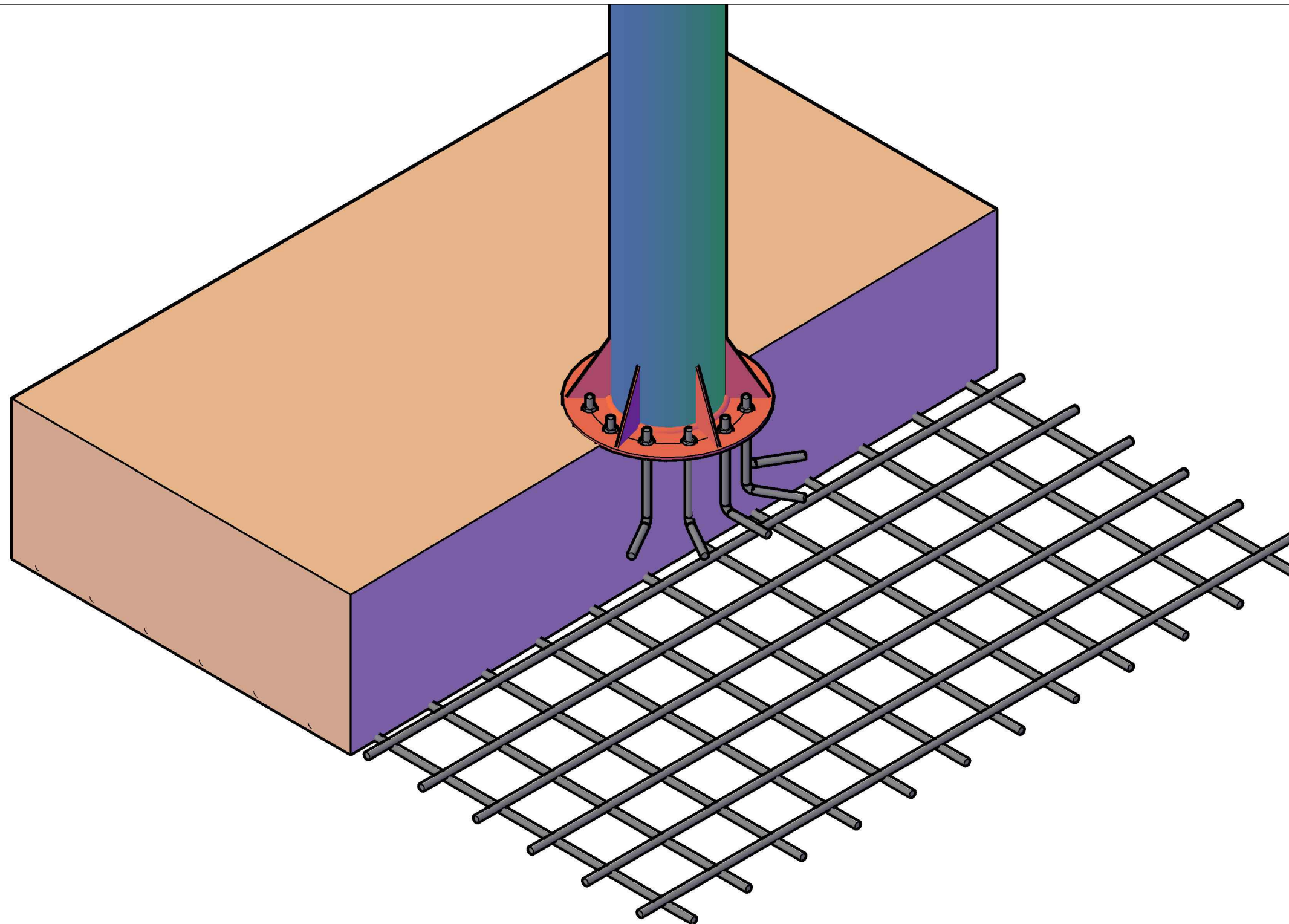




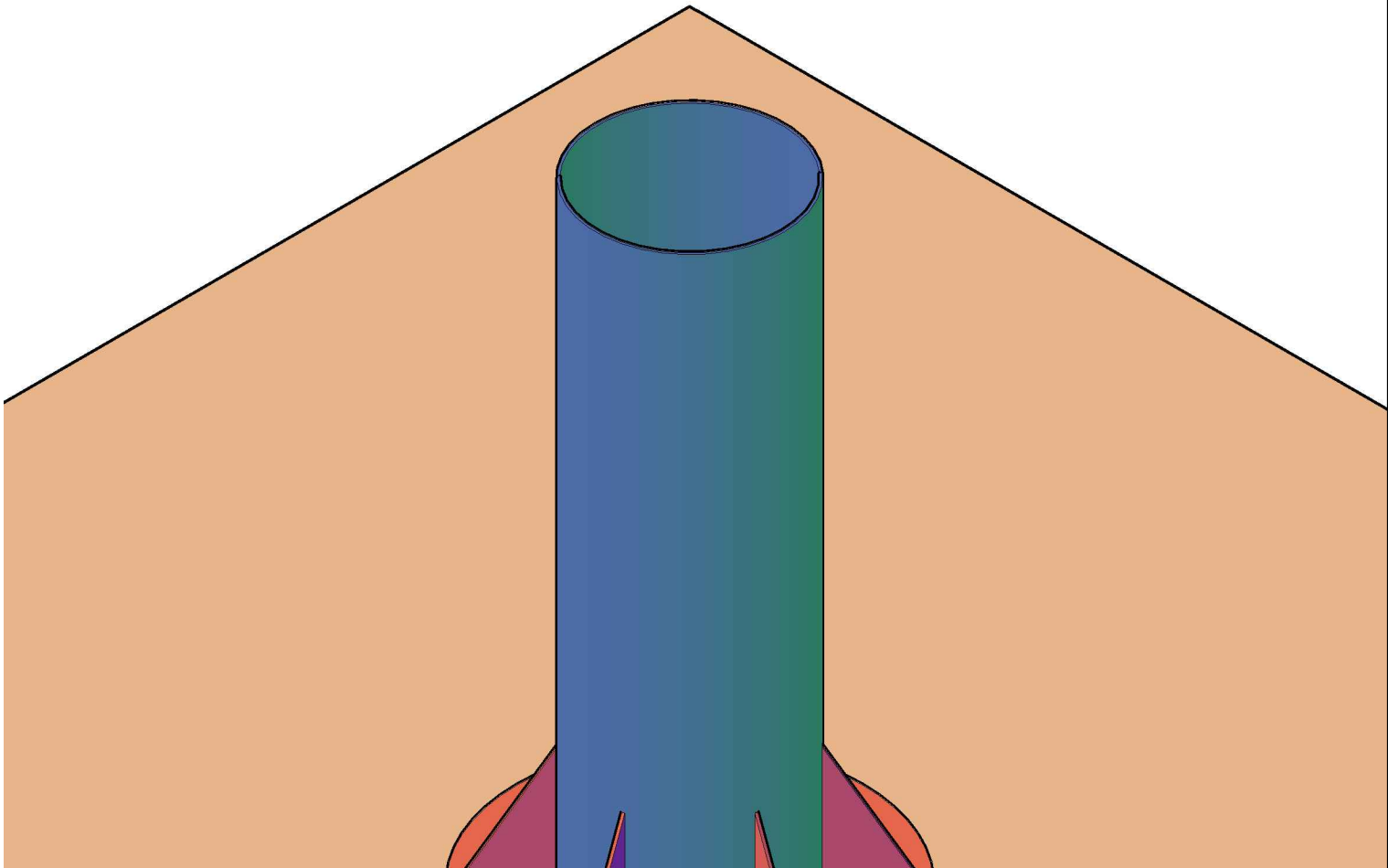
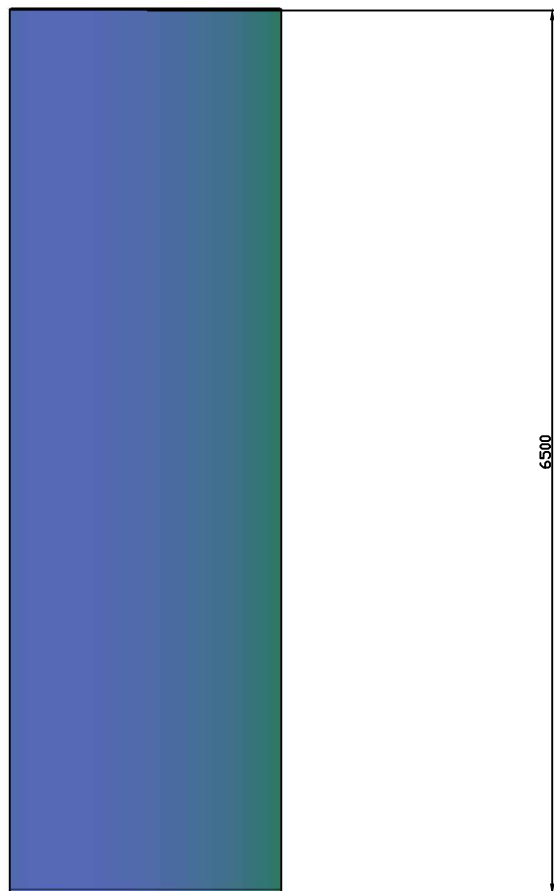
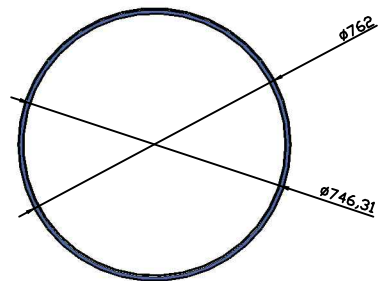
		TITULO de plano: ISOMETRICO GENERAL		 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	
FECHA:	12/18	PROPIEDAD:	FELIPE MARTINEZ GUTIERREZ	FIRMADO	
ESCALA:	S/E	PROYECTO:	GRÚA GIRATORIA, FIJA, PARA IZAR EMBARCACIONES DE 12 tM	PLANO Nº:	2.1





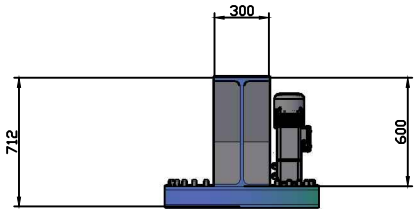
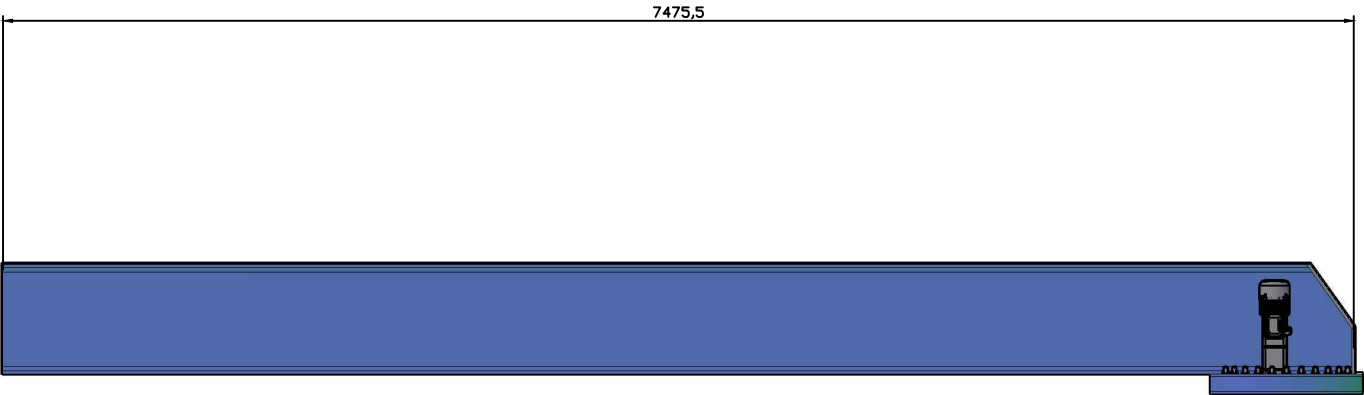
		<b>TITULO del plano</b> VISTAS GRÚA		
<b>FECHA:</b>	12/18	<b>PROPIEDAD:</b>	FELIPE MARTINEZ GUTIERREZ	<b>FIRMADO</b>
<b>ESCALA:</b>	1:50	<b>PROYECTO:</b>	GRÚA GIRATORIA, FIJA, PARA IZAR EMBARCACIONES DE 12 tM	<b>PLANO N°:</b> 2.2



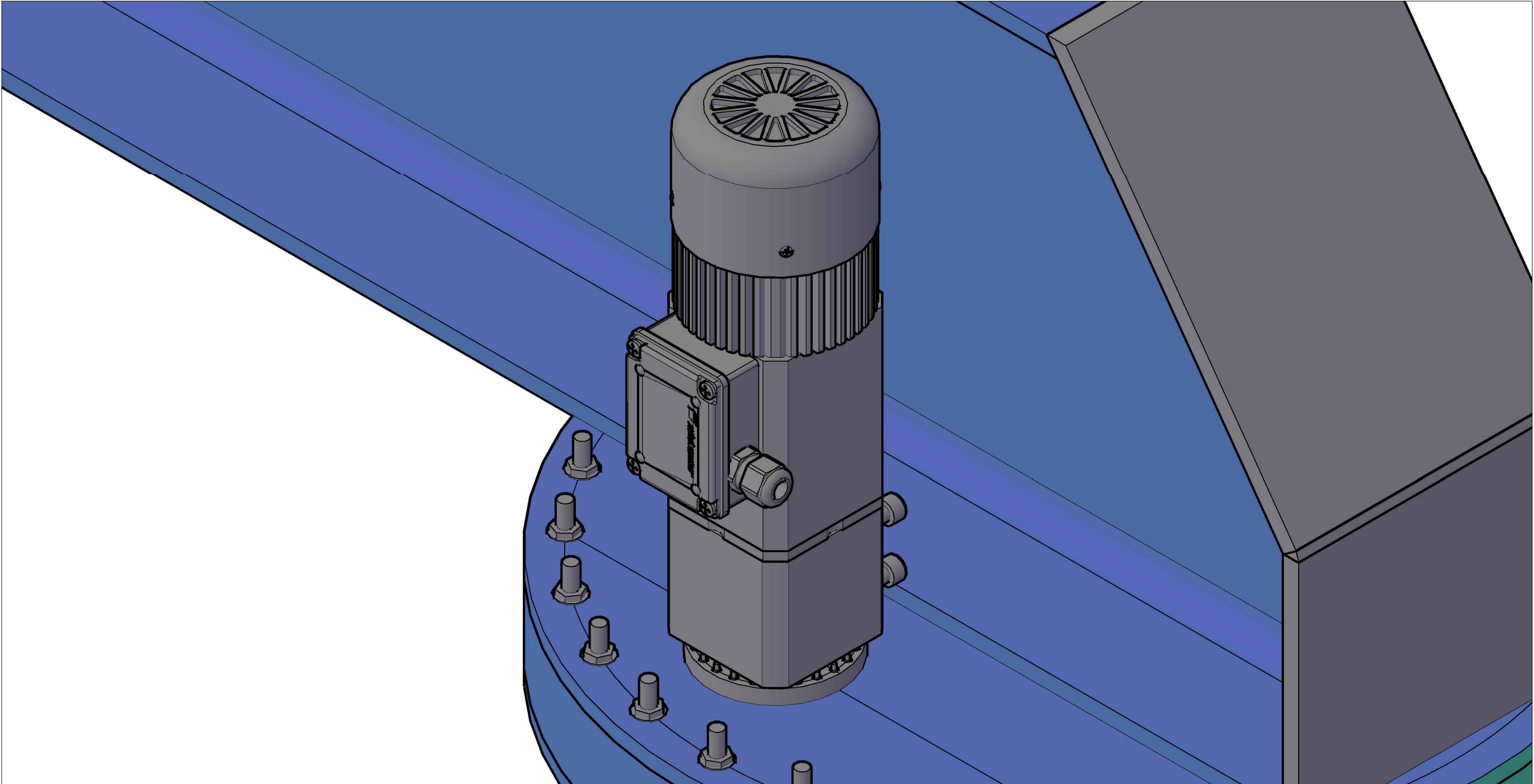
		<b>TITULO de plano:</b> ISOMÉTRICO DETALLE CIMENTACIÓN		 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	
<b>FECHA:</b>	12/18	<b>PROPIEDAD:</b>	FELIPE MARTINEZ GUTIERREZ	<b>FIRMADO</b>	
<b>ESCALA:</b>	S/E	<b>PROYECTO:</b>	GRÚA GIRATORIA, FIJA, PARA IZAR EMBARCACIONES DE 12 tM	<b>PLANO Nº:</b>	2.3



		TITULO de plano: COLUMNA		 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	
FECHA:	12/18	PROPIEDAD:	FELIPE MARTINEZ GUTIERREZ	FIRMADO	
ESCALA:	1:50	PROYECTO:	GRÚA GIRATORIA, FIJA, PARA IZAR EMBARCACIONES DE 12 tM	PLANO Nº:	2.4

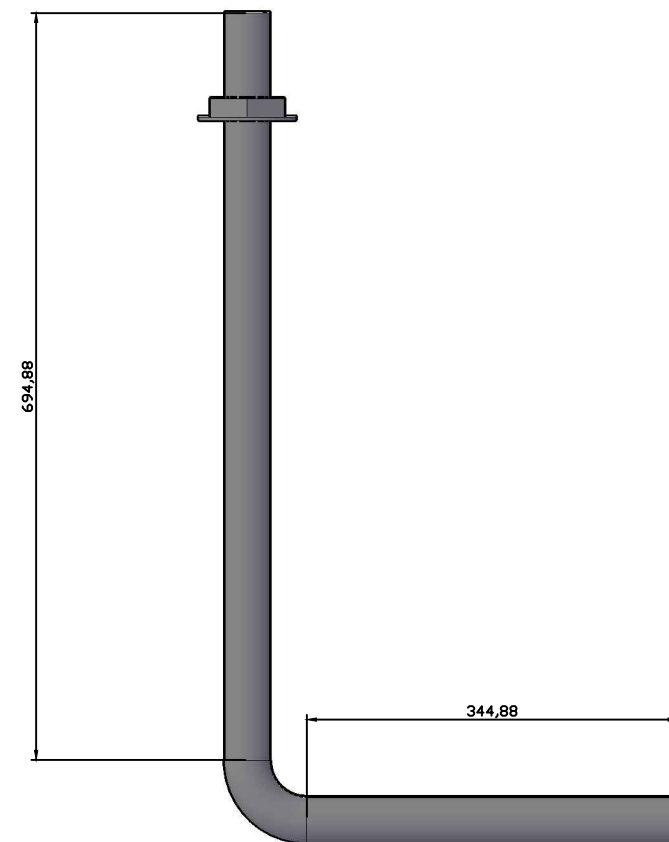
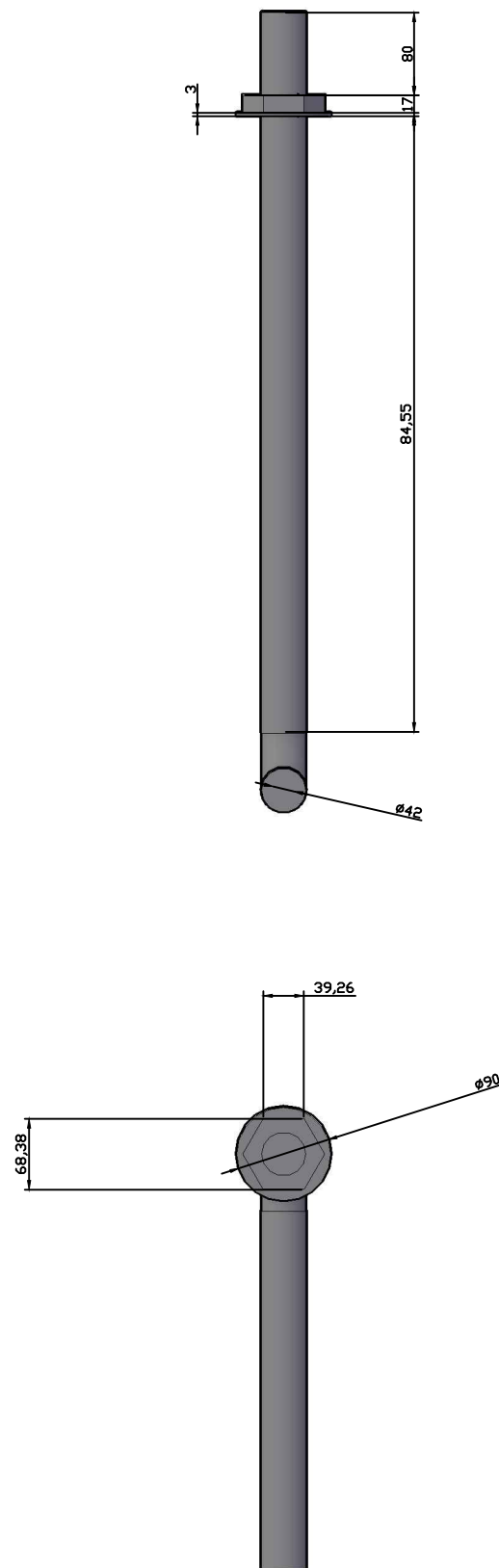


		TITULO de plano: PLUMA DETALLE		 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	
FECHA:	12/18	PROPIEDAD:	FELIPE MARTINEZ GUTIERREZ	FIRMADO	
ESCALA:	1:50	PROYECTO:	GRÚA GIRATORIA, FIJA, PARA IZAR EMBARCACIONES DE 12 tM	PLANO Nº:	2.5



		<b>TITULO de plano:</b> ISOMÉTRICO DETALLE MOTOR		 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	
<b>FECHA:</b>	12/18	<b>PROPIEDAD:</b>	FELIPE MARTINEZ GUTIERREZ	<b>FIRMADO</b>	
<b>ESCALA:</b>	S/E	<b>PROYECTO:</b>	GRÚA GIRATORIA, FIJA, PARA IZAR EMBARCACIONES DE 12 tM	<b>PLANO Nº:</b>	2.6





		<b>TITULO de plano:</b> PERNO DETALLE		
<b>FECHA:</b>	12/18	<b>PROPIEDAD:</b>	FELIPE MARTINEZ GUTIERREZ	<b>FIRMADO</b>
<b>ESCALA:</b>	1:2	<b>PROYECTO:</b>	GRÚA GIRATORIA, FIJA, PARA IZAR EMBARCACIONES DE 12 tM	<b>PLANO Nº:</b> 2.7

### 3. PLIEGO DE CONDICIONES.

#### CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PROYECTO

##### 1.1 OBJETO DEL PLIEGO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.

El presente Pliego de Condiciones incluye las especificaciones, prescripciones, criterios y normas que rigen la construcción de lo proyectado y la ejecución de las obras del proyecto, así como las condiciones técnicas, facultativas, económicas y legales. Serán objeto de estudio todas las obras incluidas en el presupuesto, abarcando todos los oficios y materiales que se emplearán en esta.

El Contratista encargado de la realización de las obras estará obligado a seguir estrictamente todo lo especificado en el presente pliego.

##### 1.2 DOCUMENTOS QUE DEFINEN LA OBRA.

Los documentos que definen la obra son: Memoria, Anexos, Planos, Pliego de Condiciones y Presupuesto.

En la Memoria se describen con detalle las obras e instalaciones. En los Anexos se realizan todos los cálculos pertinentes de la estructura y componentes de la misma. En los Planos se define la estructura y detalles constructivos de la misma. En el Pliego de Condiciones se hace una descripción de las obras o extracto de la Memoria descriptiva. Y por último, en el Presupuesto se definen las unidades de obra completas.

##### 1.3 ALCANCE DE LA DOCUMENTACIÓN.

Los diversos documentos y anexos del presente proyecto se complementan mutuamente. En consecuencia, una obra que venga indicada en los Planos y Presupuesto y que no venga indicada en los otros documentos, debe ser ejecutada por el Contratista sin indemnización alguna por parte del propietario. Lo mismo se entiende para todos los trabajos accesorios no indicados en planos y documentos, pero generalmente admitidos como necesarios al complemento normal de ejecución de una obra de calidad irreprochable.

##### 1.4 COMPATIBILIDAD Y PRERELACIÓN ENTRE LOS DOCUMENTOS.

Los documentos que definen este proyecto son compatibles entre sí y además se complementan unos a otros.



En cuanto al orden de prioridad, dependerá del aspecto que se considere. Si se mira desde un punto de vista técnico-teórico, el documento más importante es la Memoria, seguido de los Planos. Si se mira desde el punto de vista jurídico-legal, se considerará el Pliego de Condiciones el documento más importante. Por lo tanto, se puede asumir que el orden de prioridad de los documentos es el siguiente:

1. Planos
2. Pliego de condiciones
3. Presupuesto
4. Memoria

### 1.5 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS OBRAS.

Las obras correspondientes a la edificación de estructuras y a la puesta en servicio de sus instalaciones son:

- 1) Limpieza del emplazamiento
- 2) Excavación de zanja
- 3) Cimentación
- 4) Estructura metálica
- 5) Instalaciones

En la realización de todas las obras se tendrá en cuenta toda la información dada en todos los documentos del proyecto.

Las obras que se deben realizar comprenden los trabajos y obras propias de la ejecución de este proyecto, en el que se encontrará, en caso de duda, toda la información necesaria en todos los documentos del proyecto y, principalmente, en los Planos.

### 1.6 DISPOSICIONES A TENER EN CUENTA.

La principal base a seguir para el cálculo han sido las normas FEM. Estas normas se detallan en el libro *Grúas* de A. Miravete y E. Larrodé.

Para la instalación, mantenimiento, homologación y características se ha seguido el Reglamento de Elevación y Manutención del Ministerio de Industria.

El adjudicatario deberá atenerse en la adjudicación de la obra a las condiciones especiales dadas en los documentos que a continuación se expresan, respecto a las condiciones de los materiales y forma de ejecutar los trabajos y ensayos a los que deben ser sometidos:

- Cimentación de hormigón
  - Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).
  - Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Estructuras de acero
  - Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE).
  - Código Técnico de la Edificación (CTE).

- Seguridad y salud

Ley de 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

Real

Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

### 1.7 DOMINIO DE APLICACIÓN DE LA NORMATIVA FEM.

El método de obtención de solicitaciones del presente proyecto es aplicable a aparatos de elevación correspondientes a la sección I de la FEM.

No es aplicable en los siguientes casos.

1. Grúas móviles sobre neumáticos, cintas, grúas, orugas, camiones, remolques y patines, correspondientes la sección V de la FEM.
2. Aparatos correspondientes a la sección IX de la FEM.
  - Gatos y elevadores de carga
  - Tornos de montaje

## CAPÍTULO 2: PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

En este punto se regulará el desarrollo general de las obras desde el punto de vista facultativo, económico y legal.

### 2.1 CONDICIONES TÉCNICAS.

Con objeto de asegurar la calidad, tanto de los materiales como de las unidades de obra ejecutadas, el Contratista redactará su Plan de Aseguramiento de la Calidad (PAC), que en base al pliego de prescripciones técnicas del proyecto, normativa vigente, y al plan de obra presentado y aceptado por la Dirección de Obra, planificará las inspecciones y ensayos de control a realizar a los materiales y a las unidades de obra.

El PAC contendrá, como mínimo, para cada material y para cada unidad de obra a controlar:

1. Descripción de la unidad de obra y/o material.
2. Control a realizar (inspección, ensayo, etc.).
3. Frecuencia del control.
4. Documentación técnica de referencia (normativa vigente, pliego de prescripciones técnicas del proyecto, planos de proyecto).
5. Trámites y gestiones con la autoridad correspondiente.
6. Valores de aceptación o rechazo y tolerancias.
7. Formatos de registro de los controles.
8. Persona responsable del control.

El PAC será redactado por el Contratista y será aprobado por la Dirección de Obra, como paso previo al inicio de la obra.

El laboratorio de control de calidad al que el Contratista encargue la realización de los ensayos definidos en el PAC será aceptado por la Dirección de Obra.

Por su parte, la Dirección de Obra garantizará por medio de inspecciones y ensayos independientes la calidad de la obra. Para ello, realizará en base al PAC presentado por el Contratista:

1. El programa de puntos de parada (el supervisor de la Dirección de Obra asiste al control y realiza la inspección o/y ensayo de contraste). Los trabajos no pueden continuar sin la autorización (firma) del supervisor de la Dirección de Obra.
2. El programa de puntos de aviso. El Contratista tiene la obligación de avisar al supervisor de la Dirección de Obra de la realización del control. Si no está presente, los trabajos pueden seguir.

Los ensayos realizados para la Dirección de Obra serán encargados a un laboratorio independiente.

El Contratista tiene la obligación de prestar a la Dirección de Obra los medios auxiliares necesarios para la realización de su función de control de calidad. Se integrará en un único registro los resultados de ambos controles.

Mensualmente, el Contratista entregará un “dossier de calidad” de la obra, en base al cual la Dirección de Obra determinará la conformidad de los trabajos. Ninguno de estos conceptos será abonado aparte.

## 2.2 DIRECCIÓN FACULTATIVA.

La Dirección Facultativa de las obras e instalaciones recaerá en un Ingeniero.

### 1. Facultades de la Dirección Facultativa

Además de las facultades particulares que corresponden a la Dirección Facultativa, expresadas más adelante, es misión específica suya la dirección y vigilancia de los trabajos que se realicen, con autoridad técnica legal, completa e indiscutible sobre las personas y cosas situadas en obra y con relación con los trabajos que para la ejecución del contrato se lleven a cabo pudiendo incluso con causa justificada, recusar en nombre de la propiedad al Contratista, si considera que al adoptar esta solución es útil y necesaria para la debida marcha de la obra.

Con este fin el Contratista se obliga a designar sus representantes de obra, los cuales atenderán en todas las observaciones e indicaciones de la Dirección Facultativa, asimismo el Contratista se obliga a facilitar a la Dirección.

Facultativa la inspección y vigilancia de todos los trabajos y a proporcionar la información necesaria sobre el incumplimiento de las condiciones de la contrata y el ritmo de realización de los trabajos, tal como está previsto en el plan de obra.

A todos estos efectos el Adjudicatario estará obligado a tener en la obra durante la ejecución de los trabajos el personal técnico, los capataces y encargados necesarios que a juicio de la Dirección Facultativa sean necesarios para la debida conducción y vigilancia de las obras e instalaciones.

En caso de retraso de la obra, el Contratista no podrá excusarse de no haber cumplimentado los plazos de obra estipulados, alegando como causa la carencia de planos y órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que la Contrata, en uso de las facultades que en este artículo se le conceda los haya solicitado por escrito a la Dirección Facultativa y éste no los haya entregado. En este único caso, el Contratista quedará facultado para recurrir entre los amigables componedores previamente designados, los cuales decidirán sobre la procedencia o no del requerimiento; en caso afirmativo, la Dirección Facultativa será la responsable del retraso sufrido, pero únicamente en las unidades de obra afectadas por el requerimiento del Contratista y las subsiguientes que con ellas estuviesen relacionadas.

## **2. Cambio del director de obra**

Desde que se inicien las obras, hasta su recepción provisional, el contratista designará un jefe de obra como representante suyo autorizado, que cuidará que los trabajos sean llevados con diligencia y competencia. Este jefe estará expresamente autorizado por el Contratista para percibir notificaciones de las órdenes de servicios y de las instrucciones escritas o verbales emitidas por la Dirección Facultativa y para asegurar que dichas órdenes se ejecuten. Así mismo estará expresamente autorizado para firmar y aceptar las mediciones realizadas por la Dirección Facultativa.

Cualquier cambio que el Contratista desee efectuar respecto a su representante y personal cualificado y en especial del jefe de obra deberá comunicarlo a la Dirección Facultativa, no pudiendo producir el relevo hasta la aceptación de la Dirección Facultativa de las personas designadas.

Cuando se falte a lo anteriormente prescrito, se considerarán válidas las notificaciones que se efectúen al individuo más caracterizado o de mayor categoría técnica de los empleados y empresarios de las obras, y en ausencia de todos ellos, las depositadas en la residencia designada como oficial del Contratista en el contrato de adjudicación, aún en ausencia o negativa del recibo por parte de los dependientes de la Contrata.

## **3. Obligaciones y derechos del Contratista.**

El Director de Obra podrá exigir al Contratista la necesidad de someter a control todos los materiales que se han de colocar en las obras, sin que este control previo sea una recepción definitiva de los materiales. Igualmente tiene el derecho a exigir cuantos catálogos certificados, muestras y ensayos que estime oportunos para asegurarse de la calidad de los materiales. Una vez adjudicados la obra definitiva y antes de su instalación, el Contratista presentará al técnico encargado, los catálogos, muestra, etc., que se relacionen en este pliego, según los distintos materiales. No se podrán emplear materiales sin que previamente hayan sido aceptados por la Dirección de Obra. Si el fabricante no reúne la suficiente garantía a juicio del Director de Obra, antes de instalarse comprobará sus características en un laboratorio oficial, en el que se realizarán las pruebas necesarias.



El control previo no constituye su recepción definitiva pudiéndose ser rechazados por la Dirección de la Obra aún después de colocados si no cumplen con las condiciones exigibles en el presente Pliego de Condiciones debiendo ser reemplazados por otros que cumplen con las calidades exigibles y a cargo de la Contrata.

#### **4. Remisión de solicitud de ofertas.**

Por la Dirección facultativa se solicitarán ofertas a las Empresas especializadas del sector para la realización de las instalaciones especificadas en el presente proyecto, para lo cual se pondrá a disposición de los ofertantes un ejemplar del citado proyecto o un extracto con los datos suficientes. En caso de que el ofertante lo estime de interés deberá presentar además de la mencionada, la o las soluciones que recomiende para resolver la instalación. El plazo máximo fijado para la recepción de las ofertas será de un mes.

#### **5. Presencia del Contratista en la obra.**

El Contratista, por si o por medio de sus representantes o encargados estará en la obra durante la jornada legal de trabajo y acompañará a la Dirección Facultativa en las visitas que hará en la obra durante la jornada laboral.

Por si, o por medio de sus representantes, asistirá a las reuniones de obra que se convoquen, no pudiendo justificar por motivo de ausencia ninguna reclamación a las órdenes cruzadas por la Dirección Facultativa en el transcurso de las reuniones.

#### **6. Oficina de obra.**

El Contratista habilitará una oficina de obra en la que existirá una mesa o tablero adecuado para extender y consultar sobre él los planos. En dicha oficina tendrá siempre el Contratista una copia autorizada de todos los documentos del proyecto que le hayan sido facilitados por la Dirección facultativa y el libro de órdenes.

#### **7. Comienzo de las obras.**

El contratista deberá dar comienzo a las obras en el plazo marcado en el Contrato de adjudicación de la obra desarrollándose en las formas necesarias para que, dentro de los periodos parciales en aquel reseñados, queden, ejecutadas las obras correspondientes y que, en consecuencia la ejecución total

se lleve a cabo dentro del plazo exigido por el Contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta a la Dirección Facultativa del comienzo de los trabajos, antes de transcurrir veinticuatro horas de su iniciación.

### **8. Plazo de ejecución.**

Los plazos de ejecución totales y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo, que no exceda de 7 días a partir de la fecha de la contrata, y deberán quedar terminadas en el plazo improrrogable de 12 meses, contados a partir de la fecha del acta de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables. No obstante, además de lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el Contrato.

Si por cualquier causa ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director Obra la prórroga estrictamente necesaria.

### **9. Condiciones generales de ejecución de los trabajos**

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto que haya servido de base a la Contrata a las modificaciones del mismo que, previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue la Dirección Facultativa al Contratista siempre que éstas encajen dentro de la cifra a que ascienden los presupuestos aprobados.

### **10. Trabajos defectuosos.**

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan con las condiciones exigidas en las condiciones generales de índole técnico del Pliego de Condiciones en la edificación y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la obra, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha

contratado y de las faltas y defectos que en estos puedan existir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servirle la excusa ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que la Dirección Facultativa o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valorados en las certificaciones parciales de la obra que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando la Dirección Facultativa o su representante en la obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnan las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos o finalizados estos, y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado y todo ello a expensas de la Contrata.

### **11. Medidas de seguridad.**

El Contratista deberá atenerse a las disposiciones vigentes sobre la seguridad e higiene en el trabajo, tanto en lo que se refiere al personal de la obra como a terceros.

Como elemento primordial de seguridad se prescribirá el establecimiento de señalización necesaria tanto durante el desarrollo de las obras, como durante su explotación, haciendo referencia bien a peligros existentes o a las limitaciones de las estructuras.

Se utilizarán, cuando existan, las correspondientes señales establecidas por el Ministerio competente, y en su defecto por departamentos nacionales u organismos internacionales.

### **12. Plazo de garantía.**

El plazo de garantía será de un año a contar desde la fecha de su recepción provisional. Durante el periodo de garantía todas las reparaciones derivadas de mala construcción imputables al contratista serán abonadas por este.

Si el Director de Obra tuviera fundadas razones para creer en la existencia de vicios de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar antes de la recepción definitiva las demoliciones y cambios que crea necesarias para



reconocer los trabajos. Los gastos derivados en dichas demoliciones y cambios correrán a cargo del Contratista, siempre que existan tales vicios, en caso contrario correrán a cargo de la Propiedad.

### **13. Recepción definitiva.**

Pasado el plazo de garantía, si las obras se encuentran en perfecto estado de uso y conservación, de acuerdo con el presente pliego, se darán por recibidas definitivamente.

Una vez recibidas definitivamente se procederá de inmediato a su liquidación y resolución de la fianza de la que se detraerán las sanciones o cargas que procedan conforme a lo estipulado en el presente pliego.

En caso de que las obras no se encuentren en estado para la recepción definitiva, se procederá de igual forma que para la recepción provisional sin que el Contratista tenga derecho a percibir cantidad alguna en concepto de ampliación del plazo de garantía.

### **14. Casos no previstos en este pliego.**

El Director de Obra dará las normas a seguir en todo aquello que no quede regulado en este Pliego de Condiciones.

## **2.3 CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS.**

Comprenderán las que afecten al coste y pago de las obras contratadas, al plazo y forma de las entregas, a las fianzas y garantías para el cumplimiento del Contrato establecido, a los casos que proceden las mutuas indemnizaciones y todas las que se relacionen con la obligación contraída por el Propietario a satisfacer el importe y la remuneración del trabajo contratado, una vez ejecutadas, parcial o totalmente por el Contratista, y de acuerdo con las condiciones convenidas, las que le fueran adjudicadas.

La base fundamental de estas condiciones es la de que el Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que estos se hayan realizado con arreglo y sujeción al Proyecto y condiciones generales y particulares que rijan la construcción contratada.

### **1. Garantías.**

El director del proyecto podrá exigir al Contratista la presentación de referencias bancarias o de otras entidades o personas, al objeto de cerciorarse

de si éste reúne todas las condiciones requeridas para el exacto cumplimiento del contrato; dichas referencias, si le son pedidas, las presentará el Contratista antes de la firma del Contrato.

## **2. Fianzas.**

3. **Si la obra se adjudica por subasta**, el depósito para tomar parte de ella se especificará en el anuncio de esta y su cuantía será de un 3% como mínimo del total del presupuesto de la contrata.

4. **La persona o entidad a quien se haya adjudicado la ejecución de la obra**, deberá depositar en el punto y plazo marcados en el anuncio de la subasta la fianza definitiva de estas y en su defecto, su importe será del 10% de la cantidad por la que se otorgue la adjudicación de la obra.

5. **La fianza que se exigirá al Contratista se convendrá entre el director del proyecto y el Contratista, entre una de las siguientes:**

- Depósito de valores públicos del Estado por un importe del 10% del presupuesto de la obra contratada.
- Depósito en metálico de la misma cuantía indicada en el anterior apartado.
- Depósito previo en metálico de la misma cuantía del 10% del presupuesto mediante deducción del 5% efectuada del importe de cada certificación abonada al Contratista.
- Descuento del 10% efectuado sobre el importe de cada certificación abonada al Contratista

## **6. Ejecución de los trabajos con cargo a la fianza.**

Si el Contratista se negara a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Ingeniero en nombre y representación del Propietario, los ordenará a ejecutar a un tercero, o directamente por Administración abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el Propietario en el caso de que el importe de la fianza no baste para abonar el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fueran de recibo.

## **7. Devolución de la fianza.**

La fianza será devuelta al Contratista en el plazo que no exceda de 8 días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra, siempre que el Contratista haya acreditado, por medio de la certificación del Alcalde al Distrito

Municipal en cuyo término se halle emplazada la obra contratada, y no haya reclamación alguna contra aquel por los daños y perjuicios que sean de su cuenta o por deudas de jornales o materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

### **8. Importe de indemnización por retraso no justificado.**

El importe de la indemnización que debe abonar el Contratista, por causa de retraso no justificada en el plazo de terminación de las obras contratadas, se fijará entre cualquiera de los siguientes:

- Una cantidad fija durante el tiempo del retraso.
- El importe de la suma de perjuicios materiales causados por la imposibilidad de ocupación de la instalación, previamente fijados.
- El abono de un tanto por ciento anual sobre el importe del capital desembolsado a la terminación del plazo fijado y durante el tiempo que dure el retraso.

La cuantía y el procedimiento a seguir para fijar el importe de la indemnización, entre los anteriores especificados, se obtendrán expresamente entre ambas partes contratantes, antes de la firma del Contrato; a falta de este previo convenio, la cuantía de la indemnización se entiende que será el abono por el Contratista al Propietario de un interés del 4,5% anual, sobre las sumas totales de las cantidades desembolsadas por el Propietario, debidamente justificadas y durante el plazo de retraso de la entrega de las obras, en las condiciones contratadas.

### **9. Precios contradictorios.**

Si ocurriese algún caso por virtud del cual fuese necesario fijar un nuevo precio, se procederá a estudiarlo y convenirlo contradictoriamente. El Contratista formulará por escrito, bajo su firma, el precio que, a su juicio, debe aplicarse a la nueva unidad. La Dirección técnica estudiará el que, según su criterio, debe utilizarse.

Si ambos son coincidentes se formulará por la Dirección técnica el acta de avenencia, igual que si cualquier pequeña diferencia o error fuesen salvados por simple exposición y convicción de una de las partes, quedando así formalizado el precio contradictorio.

Si no fuera posible conciliar por simple discusión los resultados, la Dirección Facultativa propondrá a la Propiedad que adopte la resolución que estime conveniente, que podrá ser aprobatoria del precio exigido por el Contratista o, en otro caso, la segregación de la obra o instalación nueva, para ser ejecutada por administración o por otro adjudicatario distinto.

La fijación del precio contradictorio habrá de preceder necesariamente al comienzo de la nueva unidad, puesto que, si por cualquier motivo ya se hubiese comenzado, el Contratista estará obligado a aceptar el que buenamente quiera fijarle la Dirección Facultativa y a concluir a satisfacción de éste.

De los precios así acordados se levantarán actas que firmarán por triplicado el Director de Obra, el Propietario y el Contratista o los representantes autorizados a estos efectos por estos últimos.

### **10. Composición de los precios unitarios**

Los precios unitarios se compondrán preceptivamente de la siguiente forma:

- Mano de obra, por categorías dentro de cada oficio, expresando el número de horas intervenidas por cada operario en la ejecución de cada unidad de obra y los jornales horarios correspondientes.
- Materiales, expresando la cantidad que en cada unidad de obra se precise de cada uno de ellos y su precio unitario respectivo en origen.
- Transporte de materiales, desde el punto de origen al pie de trabajo.
- Tanto por ciento de medios auxiliares y de seguridad.
- Tanto por ciento de gastos generales.
- Tanto por ciento de seguros y cargas sociales.
- Tanto por ciento de beneficio industrial del contratista.

### **11. Valoración en el caso de rescisión.**

Cuando se rescinda la contrata por causas que no sean de la responsabilidad del Contratista, las herramientas y demás útiles que como medios auxiliares de la construcción se hayan estado empleando en las obras con autorización del Ingeniero y la contrata y de no mediar acuerdo, por los amigables componedores de índole legal y facultativa.

A los precios de tasación sin aumento alguno, recibirá el Propietario aquellos de dichos medios auxiliares que señalan en las condiciones de cada contrata, o en su defecto los que se consideren necesarios para terminar las obras y quiera



reservar para sí el Contratista, entendiéndose que si no tendrán lugar el abono por este concepto, cuando el importe de los trabajos realizados hasta la rescisión no llegue a los tercios de la obra contratada.

Se abonarán los materiales acopiados al pie de obra si son de recibo y de aplicación para terminar esta, en una cantidad proporcionada a la obra pendiente de ejecución, aplicándose a estos materiales los precios que figuren en el cuadro de precios descompuestos. También se abonarán los materiales acopiados fuera de la obra, siempre que se transporten al pie de ella.

En el caso de rescisión por falta de pago o retraso en el abono o suspensión por plazo superior de un año imputable al Propietario, se concederá al contratista además de las cantidades anteriormente expuestas, una indemnización que fijará el Ingeniero, la cual no podrá exceder del 3% del valor de las obras que falten por ejecutar.

En caso de rescisión por alteración de presupuesto o por cualquiera de las causas reseñadas en las condiciones legales, no procederá más que el reintegro al Contratista de los gastos por custodias de fianza, anuncio de subasta y formalización del contrato, sin que pueda reclamar el abono de los útiles destinados a las obras.

En caso de rescisión por falta de cumplimiento en los plazos de obra, no tendrá derecho el Contratista a reclamar ninguna indemnización a las obras pero si a que se abonen las ejecutadas, con arreglo a condiciones y los materiales acopiados a pie de obra que sean de recibo.

Si lo incompleto, es la unidad de obra y la parte ejecutada en ella fuera de recibo, entonces se abonará esta parte con arreglo a lo que correspondan según la descomposición del precio que figura en el cuadro del Proyecto, sin que pueda pretender el Contratista que, por ningún motivo se efectúe la descomposición en otra forma que la que en dicho cuadro figura.

Toda unidad compuesta o mixta no especificada en el cuadro de precios, se valorará haciendo la descomposición de la misma y aplicando los precios unitarios de dicho cuadro a cada una de las partes que la integra, quedando en esta suma, así obtenida, comprendidos todos los medios auxiliares.

En general se dará al Contratista un plazo de tiempo que determinará la Dirección de la Obra, dentro de los límites de 20 y 60 días para poner el material en curso de instalaciones de ser aceptado como obra terminada, teniendo en

cuenta que las no finalizadas se liquidarán a los precios elementales que figuren en el presupuesto, así como los recibos de los materiales a pie de obra que reúnan las debidas condiciones.

## **12. Formas de abono de las obras.**

El abono de los trabajos efectuados se efectuará por uno de los procedimientos siguientes, convenido por el Ingeniero y el Contratista antes de dar comienzo los trabajos:

- Tipo fijo o a tanto alzado total.
- Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra, cuyo precio invariable se haya fijado de antemano, pudiendo variar el número de unidades ejecutadas.
- Tanto variable por unidad de obra según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes del Ingeniero.
- Por lista de jornales y recibos de materiales autorizados. Por horas de trabajo ejecutado en las condiciones determinadas en el Contrato.

## **13. Liquidaciones parciales.**

Las liquidaciones se harán por certificaciones mensuales y se hallarán multiplicando las unidades resultantes de las mediciones por el precio asignado de cada unidad en el presupuesto. Se añadirá el % correspondiente al sistema de Contrato, desquitando las rebajas que se obtuvieran en subasta.

## **14. Liquidación final.**

La liquidación general se llevará a cabo una vez terminadas las obras y en ella se hará constar las mediciones y valoraciones de todas las unidades de obra realizadas, las que constituyen modificaciones del proyecto, y los documentos y aumentos que se aplicaron en las liquidaciones parciales, siempre y cuando hayan sido previamente aprobadas por la Dirección técnica con sus precios.

De ninguna manera tendrá derecho el Contratista a formular reclamaciones por aumentos de obra que no estuviesen autorizados por escrito a la Propiedad con el visto bueno del director de proyecto.



### **15. Liquidación en caso de rescisión.**

En este caso, la liquidación se hará mediante un contrato liquidatorio, que se redactará de acuerdo por ambas partes. Incluirá el importe de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de la rescisión.

### **16. Pagos.**

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y sus importes corresponderán precisamente al de las certificaciones de obras expedidas por el ingeniero, en virtud de las cuales se verificarán aquellos.

### **17. Suspensión o retrasos en el ritmo de los trabajos por retraso en los pagos.**

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso en los pagos, suspender trabajos o ejecutarlos a menor ritmo que el que le corresponda, con arreglo al plazo en que deben terminarse.

### **18. Demora de los pagos.**

Si el Propietario no efectuase el pago de las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente al que corresponda el plazo convenido, el Contratista tendrá además el derecho de percibir el abono de un 4,5% anual en concepto de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

Si aún transcurrieran dos meses a partir del término de dicho plazo, tendrá derecho el Contratista a la rescisión del Contrato, procediéndose a la ejecución de la liquidación correspondiente de las obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que estos reúnan las condiciones preestablecidas y que la cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada.

Se rechazará toda solicitud de rescisión del Contrato fundada en dicha demora de pagos, cuando el Contratista no justifique que en la fecha de dicha solicitud ha invertido en obra los materiales admisibles a la parte de presupuesto correspondiente al plazo de ejecución señalado en el Contrato.

## **19. Indemnización de daños causados por fuerza mayor.**

El Contratista no tendrá derecho a indemnización por causas de pérdidas ocasionadas en la obra sino en los casos de fuerza mayor. Para los efectos de este artículo, se considerarán como tales casos los que siguen:

- Los incendios causados por electricidad atmosférica. Los producidos por terremotos o los maremotos.
- Los producidos por vientos huracanados, mareas y crecidas de los ríos, superiores a los que sean de prever en el país, y siempre que exista constancia inequívoca de que por el Contratista se tomarán las medidas posibles dentro de sus medios para evitar los daños.

La indemnización se referirá al abono de las unidades de obra ya ejecutadas con materiales acopiados a pie de obra; en ningún caso comprenderá medios auxiliares.

## **2.4 CONDICIONES GENERALES LEGALES.**

### **1. Formalización del Contrato.**

Los Contratos se formalizarán mediante documentos privados, que podrán elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes y con arreglo a las disposiciones vigentes. Este documento contendrá una cláusula en la que se expresa terminantemente que el Contratista se obliga al cumplimiento exacto del Contrato, conforme a lo previsto en el Pliego General de Condiciones.

El Contratista antes de firmar la escritura habrá firmado también su conformidad al pie del Pliego de Condiciones Particulares que ha de regir la obra, en los planos, cuadros de precios y presupuesto general.

Serán de cuenta del Adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne la contrata.

### **2. Arbitraje obligatorio.**

Ambas partes se comprometen a someterse en sus diferencias al arbitraje de amigables componedores, designados uno de ellos por el Propietario, otro por la contrata y tres Ingenieros por el C.O. correspondiente, uno de los cuales será forzosamente el Director de Obra.





### **3. Jurisdicción competente.**

En caso de no haberse llegado a un acuerdo por el anterior procedimiento, ambas partes son obligadas a someterse a la discusión de todas las cuestiones que pueden surgir como derivadas de su Contrato, a las autoridades y tribunales administrativos, con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese enclavada la obra.

### **4. Responsabilidad en la ejecución de las obras.**

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el Contrato y en los documentos que componen el Proyecto. Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición y reconstrucción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa el que la Dirección Facultativa haya examinado o reconocido la construcción durante las obras, ni el que hayan sido abonadas las liquidaciones parciales.

### **5. Legislación Social.**

Habrà de tenerse en cuenta por parte del Contratista la Reglamentación de Trabajo, así como las demás disposiciones que regulan las relaciones entre patronos y obreros, contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio Familiar y de Vejez, los Accidentes de Trabajo, Seguridad e Higiene en el Trabajo y demás con carácter social urgentes durante la ejecución de las obras.

El Contratista ha de cumplir lo reglamentado sobre seguridad e higiene en el trabajo, así como la legislación actual en el momento de ejecución de las obras en relación sobre protección a la industria nacional y fomento del consumo de artículos nacionales.

### **6. Medidas de seguridad.**

En caso de accidentes ocurridos a los operarios con motivo de ejercicios en los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a estos respectos vigentes en la legislación, siendo en todo caso único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la Propiedad, por responsabilidad en cualquier aspecto.

De los accidentes y perjuicios de todo género que por cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudiera recaer o sobrevenir, será este

el único responsable, o sus representantes en la obra, ya se considera que los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente, dichas disposiciones legales, será preceptivo que el tablón de anuncios de la obra presente artículos del Pliego de Condiciones Generales de índole general, sometido previamente a la firma de la Dirección Facultativa.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes perpetúen para evitar en lo posible accidentes a los obreros y a los andantes no sólo en los andamios, sino en todos los lugares peligrosos de la obra. Se exigirán con especial atención la observación de lo regulado por la ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.G.S.H.T.).

### **7. Permisos y Licencias.**

El adjudicatario estará obligado a tener todos los permisos y licencias, para la ejecución de las obras y posterior puesta en servicio y deberá abonar todas las cargas, tasas e impuestos derivados de la obtención de dichos permisos.

### **8. Daños a terceros.**

El Contratista será responsable de todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sobreviniese en la edificación donde se efectúan las obras.

Como en las contiguas será, por tanto, de sus cuentas el abono de las indemnizaciones a quien corresponde y cuando ello hubiera lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

El Contratista cumplirá los requisitos que prescriben las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir cuando a ello fuese requerido, el justificante de tal cumplimiento.

### **9. Seguro de la obra.**

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva, la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados.



El importe abonado por la sociedad aseguradora se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que, con cargo a él, se abone la obra que se construye y a medida que esta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones como el resto de los trabajos.

En las obras de reparación o reforma, se fijará la porción de la instalación que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se previene, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte de la obra afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza de seguros, las pondrá el Contratista antes de contratadas, en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

#### **10. Copia de documentos.**

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costa de los planos, presupuesto, y pliego de condiciones y demás documentos del proyecto.

#### **11. Subcontratas.**

El Contratista puede subcontratar una parte o la totalidad de la obra a otra u otras empresas, administradores, constructores, instaladores, etc. No eximiéndose por ello de su responsabilidad con la Propiedad.

El Contratista será el único responsable de la totalidad de la obra tanto desde el punto de vista legal como económico, reconociéndose como el único interlocutor válido para la Dirección Técnica.

#### **12. Pagos de arbitrios.**

El pago de impuestos y arbitrios en general municipales o de otro régimen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del Contratista siempre que en las condiciones particulares del Proyecto no se estipule lo contrario. No obstante, al Contratista le deberá ser reintegrado el importe de todos aquellos conceptos que la Dirección Facultativa considere justo hacerlo.

#### **13. Causas de rescisión del contrato.**

Se consideran causas suficientes de rescisión de Contrato las que a continuación se señalan:

- La muerte o incapacidad del Contratista.
- La quiebra del Contratista.

En los casos anteriores, si los herederos o síndico se ofrecieran a llevar a cabo las obras bajo las mismas condiciones estipuladas en el Contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que este último caso tenga derecho a indemnización alguna.

Las alteraciones del Contrato por las causas siguientes:

- La modificación del Proyecto en forma tal, que representan alteraciones fundamentales del mismo a juicio de la Dirección Facultativa y en cualquier caso, siempre que la variación del presupuesto de ejecución, como consecuencia de estas modificaciones, representen más o menos un 25% como mínimo del importe de aquel.
- La modificación de las unidades de obra siempre que estas modificaciones representen variaciones, más o menos del 40% como mínimo de alguna de las unidades que figuren en las modificaciones del Proyecto, o más de un 50% de unidades del Proyecto modificadas.
- La suspensión de la obra comenzada y en todo caso siempre que por causas ajenas a la contrata no se dé comienzo de la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación; en este caso la devolución de la fianza será automática.
- La suspensión de la obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año.
- El no dar comienzo de la contrata a los trabajos dentro de los plazos señalados en las condiciones particulares del Proyecto.
- Incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras. La mala fe de la ejecución de los trabajos.
- El abonado de la obra sin causa justificada.
- La terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a ésta.

Quedará rescindido el contrato por incumplimiento del contratista de las condiciones estipuladas en este Pliego perdiendo en este caso la fianza, y quedando sin derecho a reclamación alguna.

## CAPITULO 3: CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

En este punto se detallan las características técnicas de los materiales, instalaciones y equipos a emplear, y los medios de ejecución de las obras, además se redactarán las normas de seguridad en el desarrollo de los trabajos y los métodos de medición y valoración a seguir; para cada uno de los capítulos que conforman la ejecución al completo del Proyecto.

### 3.1 COMIENZO DE LA INSTALACIÓN.

#### 1. Excavaciones

- Las excavaciones por realizar son: Excavaciones para cimientos de la grúa de columna fija.

Si del reconocimiento del terreno practicado al efectuar las excavaciones, resultase necesidad o conveniencia de variar el sistema de cimentación previsto para la instalación, se reformará el Proyecto, suspendido mientras tanto los trabajos que fueran necesarios. El Contratista percibirá en este caso el coste de los trabajos realizados, pero no tendrá derecho a ninguna otra indemnización por la variación del Proyecto.

#### 2. Vaciado de tierras.

El Contratista ejecutará las excavaciones según el trazado y profundidad que se determina en los planos. Los productos del vaciado se verterán en los lugares que a tal fin designe el Director de Obra.

Antes de empezar el vaciado, la Dirección aprobará el replanteo realizado, así como los accesos propuestos que serán clausurables y separados para peatones y vehículo de carga.

Cuando al excavar se encuentre cualquier anomalía no prevista, con variación de los estratos y/o de sus características, cursos de aguas subterráneas, restos de construcciones, valores arqueológicos, se parará la obra al menos en ese tajo, y se comunicará a la Dirección.

La zona de trabajo estará rodeada de una valla o verja de altura no menor de 2 m.

No se acumulará terreno de excavación, ni otros materiales, junto al borde del vaciado, debiendo estar separado de éste una distancia no menor de 2 veces la profundidad del vaciado en ese borde, salvo autorización en cada caso de la Dirección de Obra.

El refino y saneo de las paredes del vaciado se realizará para cada profundidad parcial no mayor de 3 m.

Siempre que por circunstancias imprevistas se presente un problema de urgencia, el Contratista tomará provisionalmente las medidas oportunas, a juicio de este, y se lo comunicará lo antes posible a la Dirección.

Serán condiciones de no aceptación:

- En dimensiones, errores superiores al 2.50 % y variaciones de  $\pm 10$  cm.
- En altura, mayor de 1.65 m con medios manuales o mayor de 3.30 m con medios mecánicos.
- En zona de protección, inferior de 1 m.

### 3.2 CIMENTACIÓN.

#### 1. Hormigón

Para su ejecución se tendrán en cuenta las prescripciones de la Instrucción para el Proyecto y Ejecución de obras de Hormigón en Masa y Armado EHE.

A los distintos hormigones que se empleen o puedan emplearse se les exigirá como mínimo las resistencias características a compresión a los veintiocho (28) días, en probetas cilíndricas de quince (15) centímetros de diámetro y treinta (30) centímetros de altura.

Si los hormigones no cumplieran como mínimo con los valores de resistencia, se adoptará por el Director de Obra la decisión que proceda conforme al artículo 69.4 de la citada Instrucción.

Las relaciones máximas de agua y cemento a emplear, salvo autorización expresa y por escrito del Técnico Encargado, serán del sesenta por ciento (60%).

Los asientos máximos de los hormigones después de depositado el hormigón, pero antes de consolidado, serán en alzados o cimientos, en hormigones armados de sesenta (60) milímetros.

Podrán ser utilizadas, tanto para el amasado como para el curado del hormigón en obra, todas las aguas sancionadas como aceptables en la práctica. Cuando no se posea antecedentes de su utilización o así determine el Director de Obra, deberán analizarse las aguas, rechazándose las que no cumplan una o varias de las condiciones dadas en la EHE.

La naturaleza de los áridos y su preparación serán tales que permitan garantizar las características exigidas al hormigón.

La utilización de aditivos deberá ser aprobada previamente por la Dirección. Para ello será necesario que las características de los mismos, especialmente su comportamiento al emplearlo en las cantidades previstas, vengan garantizadas por el fabricante, y se realicen ensayos previos en todos y cada uno de los casos.

Los hormigones serán objeto de ensayos de control a nivel reducido según la EHE y cuya frecuencia será fijada por la Dirección Técnica. Si los ensayos de probetas efectuados en laboratorio oficial aconsejan el reajuste de la dosificación, el Contratista está obligado a aceptar tal modificación, alterando los precios del hormigón sólo en lo que a partidas de cemento y áridos se refiere; que se obtendrían multiplicando los pesos o volúmenes definitivos por los costes que para dichos materiales figuran en los precios.

## **2. Medición y valoración del hormigón.**

Se abonará por m<sup>3</sup> al precio asignado en el Presupuesto que comprende todos los materiales necesarios, así como de medios auxiliares para su ejecución y puesta en obra, encofrado, mastrado y cuantos elementos y labores se precisen para el acabado del hormigón según las condiciones reseñadas en el presente Pliego.

Sólo se abonará el hormigón realmente colocado para lo cual se medirá la rentabilidad de cada amasado y el volumen así deducido se multiplicará por el número de masa; cada masa se controlará con los medios adecuados para asegurar que su composición es constante.

El hormigón no se enlucirá y si esto fuese preciso por su defectuosa ejecución, el director de la obra podrá demoler la parte defectuosa u ordenar su enlucimiento y pintura a costa del Contratista.

Los aceros usados para armar hormigones que necesiten la realización de ensayos se atenderán:

- UNE 36088 (para barras corrugadas).
- UNE 7262 (para diagramas tensión- deformación).
- Anexo 5, cap. I y II de la norma EHE (adherencia en las barras corrugadas).

- EHE en los artículos dedicados al límite elástico, doblado y desdoblado de aceros y corrosión de las armaduras.

### **3. Fabricación y puesta en obra del hormigón.**

Las condiciones o características de calidad exigidas al hormigón especifican a continuación.

Tales condiciones deberán ser satisfechas por todas las unidades de producto, entendiéndose por unidad de producto la cantidad de hormigón fabricado de una sola vez.

La dosificación de los áridos se hará con arreglo a lo dispuesto en la Instrucción EHE, empleando para ello las mezclas de áridos que sea necesario y siguiendo lo ordenado por la Dirección de la Obra.

En el caso de que se emplearan productos de adición, el Contratista está obligado a instalar los dispositivos de dosificación correspondientes.

Tanto estos agentes como los aceleradores de fraguado solamente podrán ser empleados con autorización escrita de la Dirección. Su uso no revela al Contratista de la obligación de cumplir los requisitos sobre el curado del hormigón.

La consistencia del hormigón se medirá por medio del Cono de Abrams en la forma prescrita por la EHE y se clasificará en seca, plástica, blanda y fluida. La consistencia del hormigón a emplear en cimentación será plástica blanda (asiento máximo 9 cm en cono de Abrams) para vibrar y se medirá en el momento de su puesta en obra.

Las resistencias que deben tener las diferentes clases de hormigones, en probeta cilíndrica, a los 28 días de su fabricación serán las que se fijen en los planos del Proyecto.

Los criterios a seguir en la toma de muestras en cuanto a la determinación del número de probetas a tomar por elemento o módulo serán los que establece la EHE.

Se prohibirá la utilización de cualquier aditivo (acelerantes o retardadores), pudiéndose emplear únicamente algún tipo de impermeabilizante y siempre con la autorización expresa de la Dirección Técnica.

Además de las prescripciones de la instrucción EHE se tendrá en cuenta lo siguiente. El hormigón es de central amasadora, y transportado por medio de



camiones hasta el lugar del vertido se deberán cumplir los siguientes condicionantes:

- El tiempo transcurrido desde el amasado hasta la puesta en obra no deberá ser mayor de 1 hora.
- Debe evitarse que el hormigón se seque o pierda agua durante el transporte.
- Si al llegar al tajo de colocación el hormigón acusa principio de fraguado, la masa se desechará en su totalidad.
- La planta suministradora estará regulada en la fabricación del hormigón por la Norma EHE y homologada por la Asociación Nacional de Fabricantes de Hormigón Preparado.
- El transporte de la hormigonera al punto de colocación se realizará de forma que el hormigón no pierda compacidad ni homogeneidad.
- El vertido del hormigón se efectuará de manera que no se produzcan disgregaciones y a una altura máxima de caída libre de 1 m, evitando desplazamientos verticales de la masa una vez vertida. Preferiblemente el hormigón debe ir dirigido mediante canaletas.
- El hormigón en masa y moldeado se extenderá por capas de espesor comprendido entre 15 y 30 cm, vibrando el moldeado hasta hacer que refluya el agua a la superficie e intensificando el vibrado junto a los paramentos y rincones del encofrado.
- Las soleras se hormigonarán en todo el grueso, avanzando con el hormigón al vibrarlo, pero efectuando los vertidos de forma que el recorrido sobre el encofrado no sea superior a 2 cm.
- Las vigas de atado se hormigonarán, desde un extremo, en toda su dimensión, vertiendo las diferentes amasadas en los puntos convenientes.

La temperatura del hormigonado estará a temperaturas comprendidas entre los 0º C y los 40º C (5º C y 35º C en elementos de gran canto o de superficie muy extensa). Si fuese necesario realizar el hormigonado fuera de estos márgenes se utilizarán las precauciones que dictaminará la Dirección Técnica.

El curado del hormigón se realizará una vez endurecido el elemento lo suficiente para no producir deslavado de su superficie.

Se realizará de la siguiente forma:

- Durante los tres primeros días se protegerá de los rayos del sol, colocando sobre las superficies arpilleras mojadas.
- Todas las superficies vistas se mantendrán continuamente húmedas por lo menos durante 8 días después del hormigonado, por riego o inundación.
- No se empleará para este riego tubería alguna de hierro que no sea galvanizado, extendiéndose esta prohibición a cualquier clase de tuberías que puedan disolver en el agua sustancias nocivas para el fraguado del hormigón o su buen aspecto. Deberá utilizarse preferentemente, para este trabajo, manguera de goma.
- La temperatura del agua empleada en el riego no será inferior en más de 20°C a la del hormigón para evitar la producción de grietas por enfriamiento brusco.
- Cuando la temperatura registrada sea menor de cuatro grados bajo cero (-4 °C) o superior a cuarenta grados centígrados (40 °C), con hormigón fresco se procederá a realizar una investigación para ver que las propiedades del hormigón no han sufrido cambio alguno.

En función de la climatología se ha de tener en cuenta lo siguiente:

- Actuaciones en tiempo frío: prevenir congelación.
- Actuaciones en tiempo caluroso: prevenir agrietamientos en la masa del hormigón.
- Actuaciones en tiempo lluvioso: prevenir lavado del hormigón.
- Paramentos de hormigón

Los paramentos deben quedar lisos, sin defecto alguno y sin necesidad de repasos, por enlucidos o de cualquier otra forma, que no podrán ser aplicadas sin previa autorización de la Dirección de Obra.

Si fuese necesario repasar alguna superficie, los trabajos que se efectúen será por cuenta del Contratista y la hora será abonada como defectuosa, repercutiendo en el precio de encofrado y del hormigón en la cuantía que más adelante se señala.

#### **4. Cimentación.**

Las características de los componentes y ejecución de los hormigones será la siguiente.

La arena y la grava podrán ser de ríos, arroyos y canteras, no debiendo contener impurezas de carbón, escorias, yeso, etc.

Los áridos deben de proceder de rocas inertes sin actividad sobre el cemento. Se admitirá una cantidad de arcilla inferior a la que se indica posteriormente.

Las dimensiones de la grava serán 2 a 6 cm, no admitiéndose piedras ni bloques de mayor tamaño. En caso de hormigones armados se indicarán las dimensiones de la grava.

No se podrán utilizar ninguna clase de arena que no haya sido examinada y aprobada por el personal técnico. Se dará preferencia a la arena cuarzosa sobre la de origen calizo, siendo preferibles las arenas de superficie áspera o angulosa.

La determinación de la cantidad de arcilla se realizará de la siguiente forma: cribamos 100 cm<sup>3</sup> de arena con el tamiz de 5 mm, los cuales se vierten en una probeta de 300 cm<sup>3</sup> con 150 cm<sup>3</sup> de agua, una vez hecho esto se agita fuertemente tapando la boca con la mano, hecho esto se dejará sedimentar durante una hora. En estas condiciones el volumen de arcilla deberá de ser superior al 8%. La medida de las materias orgánicas se hará mezclando 100 cm<sup>3</sup> de arena con una solución de sosa al 3% hasta completar los 150 cm<sup>3</sup>; después de 2 horas el líquido debe de quedar sin coloración o presentar como máximo un color amarillo pálido que se compara al de la solución testigo, formada por la mezcla de 97,5% de solución de sosa al 3%, 2,5% de solución de ácido tánico y 2% de alcohol de 10%.

Los ensayos de las arenas se harán sobre mortero de la siguiente dosificación: 1 parte de cemento y 3 partes de arena. Esta probeta de mortero conservada en agua durante 7 días, deberá de resistir a la tracción en la romana de Michaelis un esfuerzo comprendido entre 12 y 14 kg/cm<sup>2</sup>. Toda la arena que sin contener materias orgánicas no resista al esfuerzo de tracción antes indicado será rechazada. El resultado de este ensayo permitirá conocer si debe de aumentarse o disminuirse la dosificación del cemento empleado.

Respecto a la grava o piedra se prohíbe el empleo de cascote y otros elementos blandos o la piedra de estructura foliácea. Se recomienda la utilización de piedra de peso específico elevado.

El cemento utilizado será cualquiera de los cementos Portland de fraguado lento admitidos en el mercado. Previa autorización de la Dirección de Obra podrá utilizarse cementos especiales que se crean convenientes.

El agua utilizada de río o de manantial a condición de que su mineralización no sea excesiva. Se prohíbe el empleo de aguas procedentes de ciénagas o muy ricas en sales carbonosas o selenitosas.

La mezcla de hormigón se efectuará en hormigonera o a mano, siendo preferible el primer método en beneficio de la compacidad ulterior. En el segundo caso se hará sobre chapa de hierro de suficientes dimensiones para evitar que se mezcle con las tierras.

Además:

- Se comprobará que el terreno de cimentación coincide con el previsto.
- En el momento de hormigonar se procederá a la operación de limpieza y nivelación, retirando la última capa de tierras sueltas.
- Se dejarán previstos los pasos de tuberías y mechinales. Se tendrá en cuenta la posición de las arquetas.
- Se colocarán previamente los elementos enterrados de la instalación de puesta a tierra.
- Se habrá ejecutado la capa de hormigón de limpieza y replanteado sobre ella.
- La profundidad mínima del firme tendrá en cuenta la estabilidad del suelo frente a los agentes atmosféricos.
- Las armaduras se colocarán limpias, exentas de óxido no adherente, pintura, grasa o cualquier otra sustancia perjudicial.
- Los calzos, apoyos provisionales y separadores en las armaduras serán de mortero 1:3 o material plástico y se colocarán sobre la superficie de hormigón de limpieza, distanciados cien centímetros (100 cm) como máximo. El primero y el último se colocarán a una distancia no mayor de cincuenta centímetros (50 cm) del extremo de la barra.
- Se extremarán las precauciones y correcta disposición de los separadores de capas, principalmente las superiores.
- Durante la ejecución se evitará la actuación de cualquier carga estática o dinámica que pueda provocar daños en los elementos ya hormigonados.
- El curado se realizará manteniendo húmeda la superficie de la cimentación mediante riego directo, que no produzca deslavado o a través de un material que sea capaz de retener la humedad.

## 5. Obra de madera.

Las dimensiones de las piezas necesarias para la construcción de obras provistas o auxiliares, así como su disposición o fijación técnica de las obras de carpintería, serán ejecutadas con la mayor perfección, presentando los embalajes bien ajustados y las molduras terminadas, debiendo quedar repasadas con papel de lija o llevadas al lugar de empleo sin imprimir.

## 6. Armaduras.

La cuantía y disposición de las armaduras de los diferentes elementos de la cimentación será la que nos dé el cálculo, y que viene reflejada en la Documentación Técnica.

Las armaduras se doblarán en frío y a velocidad moderada, por medios mecánicos, no admitiéndose aceros endurecidos por deformación en frío o sometidos a tratamientos térmicos especiales.

Las características geométricas y mecánicas de las armaduras serán las que se citan en el anexo correspondiente de la Memoria Técnica. En las zapatas se preverán unas armaduras de espera que se solaparán con las del pilar en su caso, por medio del solape de barras, debiendo llevar unas patillas inferiores de longitud igual a 15 veces el diámetro de las barras de dicha patilla.

Protección de las armaduras.

- Las armaduras de las zapatas de colocarán sobre el hormigón de limpieza y separándose 10 cm de los laterales del pozo de cimentación.
- El recubrimiento de armaduras en zunchos de arriostramiento deberá ser de 35 mm, para ello se dispondrán separadores o calzos de igual o mayor resistencia característica que el hormigón a emplear y a una distancia máxima entre ellos de 1,5 m.
- Las armaduras se colocarán limpias, exentas de óxido, grasa o cualquier otra sustancia perjudicial así como también estarán exentas de defectos superficiales, grietas ni sopladuras. Se dispondrán de acuerdo con las indicaciones del Proyecto, sujetas entre sí y al encofrado de manera que puedan experimentar movimientos durante el vertido y compactación del hormigón, y permitan a éste envolverlas sin dejar coqueras.
- Cuando exista el peligro de que se puedan confundir unas barras con otras, se prohíbe el empleo simultáneo de aceros de características

mecánicas diferentes, sin embargo, se podrán utilizar, en un mismo elemento dos tipos de acero, uno para la armadura principal y otro para los estribos.

- Las armaduras se doblarán ajustándose a los planos del Proyecto, cumpliéndose las prescripciones de la EHE.

### 3.3 ESTRUCTURA DE ACERO.

El Contratista podrá subcontratar con la aprobación del director de obra, la ejecución y montaje de la estructura metálica de la grúa que reúne los requisitos que establezca la legislación y las condiciones establecidas por el Ministerio de Industria.

En la ejecución de la estructura de acero se aplicará el CTE DB-SE en todo lo referente a la ejecución de uniones soldadas, ejecución en taller y montaje en obra.

El soldeo se realizará por cualquiera de los procedimientos expresados en dicha Norma, debiendo presentar el Constructor, si el Director de Obra lo requiere, una memoria de soldeo en la que detalle las técnicas operativas a utilizar dentro de los procedimientos elegidos.

El Director Obras podrá siempre que lo desee, directamente o por delegación, comprobar en el taller el cumplimiento de la mencionada norma, y durante el montaje en obra a vigilar su cumplimiento.

Las tolerancias en las dimensiones, forma y peso para la ejecución y montaje de la estructura serán las establecidas en el CTE DB-SE.

#### 1. Estructuras metálicas:

El acero para la estructura metálica se abonará al precio que para el kg de acero de las distintas clases de perfiles se asigna en el Presupuesto, considerándose incluso en dicho precio los costes de la adquisición, trabajos de taller, montaje, colocación en obra y pintura de resina o polimerizado, excepto las partes embebidas en hormigón que irán sin pintar.

El peso se deducirá siempre que sea posible de los pesos unitarios dados en el catálogo de perfiles y de las dimensiones correspondientes medidas en los Planos del Proyecto o en los facilitados por el director de las Obras durante su ejecución y debidamente comprobado en las obras realizadas ya.

En otro caso se determinará el peso efectivo, debiendo dar el Contratista su conformidad con las cifras obtenidas antes de su colocación definitiva en obra, de las piezas y estructuras metálicas.

También comprende el precio, la soldadura a realizar durante el montaje.

## **2. Protección de la estructura.**

La estructura estará protegida Tal como viene definido en la memoria del proyecto. Antes del pintado se presentará al Director Obra muestras de pintura y se pintarán para juzgar el color y acabado, quien dará su aprobación.

### **3.4 CONDICIONES ESPECÍFICAS DE LA INSTALACIÓN.**

#### **1. Generalidades**

El proyecto y la construcción de la grúa deben adaptarse a las Normas españolas y europeas vigentes.

#### **2. Estructura**

Se recomienda la construcción en chapa llena soldada. El gálibo mínimo en altura será de X.00 m, y la distancia mínima entre el pie de la columna y el borde del muelle será de 1.50 m.

#### **3. Parte giratoria**

Se establecerá el gálibo de giro correspondiente, que como mínimo alcanzará el borde del muelle.

#### **4. Pluma**

Se construirá de chapa llena con uniones de soldadura. Habrá de cuidarse del fácil acceso a todos los elementos, para su inspección y engrase.

#### **5. Variación de radio**

Procedimiento de libre oferta, pero con desplazamiento horizontal de la carga y compensación del peso propio de la pluma para cualquier posición de la grúa.

#### **6. Mando de control**

Visibilidad total y perfecta. Se podrá observar en cualquier momento la parte extrema de la pluma desde la base de la columna.

## **7. Mecanismo de elevación**

Las velocidades se fijarán según normas y el rendimiento normal de los motores a su plena utilización. Recorridos totales del gancho, a fijar según el caso, así como la altura de elevación máxima y mínima. Se prefiere en la construcción emplear mecanismos y elementos comerciales, como ruedas de engranaje, polipasto, motores, etc... Las características del cable se adaptarán según cada caso. Se instalarán limitadores de fin de carrera, con mecanismo de husillo o engranaje.

## **8. Mecanismo de giro**

Se recomienda su construcción en bloque. Se admiten sobre la parte fija de la grúa coronas de rodillos como elementos de soporte de la parte giratoria. Cuando estas coronas son de pequeño diámetro se prefiere, sin embargo, coronas dentadas con dientes fresados.

## **9. Mecanismo de variación de radio**

Se recomienda el uso de un polipasto comercial que cumpla con esta necesidad. El polipasto debe estar bien protegido de los agentes atmosféricos. Se admiten soluciones hidráulicas para este mecanismo. Hay que disponer limitadores de fin de carrera, accesibles y de seguro automatismo. En la parte inferior de la pluma debe existir una escala graduada, que señale simultáneamente el alcance y su correspondiente carga admisible.

## **10. Tensión y clase de corriente**

Alimentación trifásica de 380-400 V.

## **11. Motores**

Emplear motores comerciales de alta capacidad. Utilizar, siempre que sea posible, los mismos tipos de motores para variación y giro.

## **12. Frenos**

Se prefiere el tipo de motor con freno incorporado para la operación de giro y previsto para estas características de trabajo.

## **13. Cuadro de mandos**

Debe de componerse de:

- Un interruptor general de corriente para toda la grúa.





- Un interruptor principal (cuya conexión sólo sea posible con la puesta a cero de todos los combinadores), con interruptores secundarios para cada uno de los movimientos. Este interruptor podrá ser accionado en caso de peligro desde el pie de la grúa.
- Elementos de protección de sobrecargas para cada uno de los motores.
- Red de alumbrado exterior, independiente del interruptor principal.
- Aparatos de medida si fueran necesarios.

#### **14. Conducción de corriente**

Suficientemente protegida y libre de contactos con las partes metálicas adyacentes.

#### **15. Instalación eléctrica**

Cables del tipo indicado en las prescripciones para instalación eléctrica dedicada, libres de posibles contactos y del ataque de los agentes atmosféricos.

#### **16. Toma de tierra**

Todos los elementos de la grúa serán puestos a tierra a través de la masa de la grúa.

#### **17. Pintura**

Todas las partes metálicas de la grúa se protegerán con una base antioxidante dada sobre la superficie limpia y dos manos de pintura.

#### **18. Prescripciones sobre el material**

Deberán corresponder a las Normas españolas y europeas en cuanto a su composición y resistencias.

#### **19. Recepción de la grúa**

Ha de comprobarse:

- La capacidad de la grúa.
- Las velocidades de trabajo.
- Seguridad estática de la grúa.
- Situación en cuanto a las prescripciones contra accidentes.
- Ejecución y montaje. Las pruebas deben realizarse: con carga nominal, midiendo las velocidades; con sobrecarga y todos los movimientos posibles, midiendo sus velocidades; con sobrecarga y para el radio

máximo, probando la estabilidad. La tolerancia en las velocidades será de  $\pm 5\%$ .

## **20. Repuestos y útiles**

Se especificarán en cada caso.

## **21. Planos de suministro**

## **22. Todos los correspondientes a las piezas de montaje de la grúa y sus grupos.**

### **3.5 SEGURIDAD Y SALUD EN LA INSTALACIÓN.**

Se redacta el siguiente pliego para definir las calidades y características técnicas de los materiales a utilizar en la obra en lo dispuesto en el estudio de seguridad e higiene, normativa básica de obligado cumplimiento, obligaciones del empresario, etc.

Para tal fin se estructura el pliego en los siguientes apartados:

- Condiciones técnicas
- Condiciones facultativas
- Condiciones económicas

#### **1. Condiciones técnicas.**

En aplicación del Estudio de Seguridad e Higiene en el Trabajo, el contratista o constructor principal de la obra quedará obligado a elaborar un Plan de Seguridad e Higiene en el que analice, estudie, desarrolle y complemente en función de su propio sistema de ejecución, las obras y las previsiones contenidas en el citado estudio.

El Plan de Seguridad e Higiene debe ser presentado antes del inicio de la obra a la Dirección Técnica encargada de su aprobación y seguimiento. Una copia de dicho plan a efectos de su conocimiento y seguimiento debe ser entregada al vigilante de seguridad, y en su defecto, a los representantes de los trabajadores del centro de trabajo, quienes podrán presentar por escrito y de forma razonada las sugerencias y alternativas que se estimen oportunas.

## 2. Protecciones personales

Todo elemento de protección personal se ajustará a las Normas de Homologación pertinentes, siempre que existan en el mercado, y si no, se tendrán en cuenta las consideraciones antes aludidas.

Los medios de protección personal, simultáneos con los colectivos, serán de empleo obligado, siempre que se precisen para eliminar o reducir los riesgos profesionales.

La protección personal, no dispensa en ningún caso de la obligación de emplear los medios preventivos de carácter general, conforme a lo dispuesto por la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Todas las prendas homologadas deberán llevar el sello reglamentario.

La sensibilidad mínima de los interruptores diferenciales será para alumbrado de 30 mA y para fuerza de 300 mA.

La resistencia de la toma de tierra no será superior a la que garantice de acuerdo con la sensibilidad del interruptor diferencial, una tensión máxima de contacto de 24 V.

La red de tierra se realizará con cable de cobre desnudo, trenzado de 35 mm<sup>2</sup> y pica de acero o cobre desnudo (durante la obra), trenzado de 50 mm<sup>2</sup> de 2 metros de longitud y 3/4 de diámetro.

En cuanto a extintores de incendios serán adecuados al agente extintor y tamaño al tipo de incendio previsible, y se revisarán periódicamente.

## 3. Partes de accidentes y deficiencias.

Respetándose cualquier modelo normalizado que pudiera ser uso normal en la práctica del contratista; los partes y deficiencias observadas recogerán como mínimo los siguientes datos con una tabulación ordenada.

### a) Parte de accidente:

- Identificación de la obra.
- Día, mes y año en que se ha producido el accidente.
- Hora de producción del accidente.
- Nombre del accidentado.
- Categoría profesional y oficio del accidentado.
- Domicilio del accidentado.
- Lugar en que se produjo el accidente.

- Causas del accidente.
- Importancia aparente del accidente.
- Posible especificación sobre fallos humanos.
- Lugar, persona y forma de producirse la primera cura. (Médico, practicante, socorrista, personal de obra).
- Lugar de traslado para hospitalización.
- Testigos del accidente (verificación nominal y versiones de los mismos).
- Como complemento de estas partes se emitirá un informe que contenga:  
¿Cómo se hubiera podido evitar?, ordenes inmediatas para ejecutar.

b) Parte de deficiencias:

- Identificación de la obra.
- Fecha en que se ha producido la observación.
- Lugar en que se ha hecho la observación.
- Informe sobre la deficiencia observada.
- Estudio de mejora de la deficiencia en cuestión.

**4. Seguro de responsabilidad civil y todo riesgo de construcción y montaje.**

Será preceptivo en la obra, que los técnicos responsables dispongan de cobertura en materia de responsabilidad civil profesional; asimismo el contratista debe disponer de cobertura de responsabilidad civil en el ejercicio de su actividad industrial, cubriendo el riesgo inherente a su actividad como constructor por los daños a terceras personas de los que puede resultar responsabilidad civil extracontractual a su cargo, por hechos nacidos de culpa o negligencia; imputables al mismo a las personas de las que debe responder; se entiende que esta responsabilidad civil debe quedar ampliada al campo de la responsabilidad civil patronal.

El contratista viene obligado a la contratación de un Seguro en la modalidad de todo riesgo a la construcción durante el plazo de ejecución de la obra con ampliación a un período de mantenimiento de un año, contando a partir de la fecha de terminación definitiva de la obra.

### 3.6 PERSONAL ENCARGADO DEL MANEJO

El personal encargado del manejo de la grúa deberá tener el carné de gruista, además de cumplir lo siguiente:

- Deberá existir una o varias personas encargadas del manejo de la grúa.
- Impedir el uso del aparato en caso de observar alguna anomalía, avisando inmediatamente al propietario, arrendatario o, en su caso, a la empresa conservadora. En caso de que se trate de una emergencia, se avisará a los servicios públicos competentes.
- Poner en conocimiento del arrendatario o conservador cualquier deficiencia o abandono en relación con la debida conservación de la instalación y, en caso de no ser corregida, denunciarlo ante el órgano territorial competente a través del propietario.

### 3.7 HOMOLOGACIÓN DE LA GRÚA.

La homologación de la grúa es un paso necesario para la instalación de esta, ya que sin esto no se puede poner en marcha.

La homologación se realizará según lo indicado en el Real Decreto 2584/1981, por parte del Ministerio de Industria y Energía español. Para la homologación se entregará la ficha técnica de la grúa por triplicado, donde se indicarán las siguientes características: nombre y dirección del fabricante, características esenciales, dimensiones principales, secciones, vistas exteriores, elementos de seguridad, campo de aplicación, variantes que comprende y cualquier otro tipo de dato que contribuya a la identificación del tipo a homologar.

Una vez homologado el producto, las ITC (Instrucciones Técnicas Complementarias) de este Reglamento, podrán efectuar seguimientos de la producción a efectos de comprobar que los productos homologados siguen cumpliendo las condiciones por las que fueron homologadas.

En caso de que el órgano territorial competente de la administración pública compruebe que la utilización de un tipo de homologación es manifiestamente peligrosa, podrá ordenar cautelarmente la puesta fuera de servicio del o de los aparatos que se haya puesto de manifiesto la situación peligrosa y seguidamente iniciar el expediente de cancelación de la homologación. Por lo tanto, para poder homologar la grúa y poder así conseguir el certificado CEE y la chapa que así lo acredite, con la distinción del estado y el año de la homologación, habrá de mandarse, al Ministerio de Industria y Energía españoles por triplicado los planos y la ficha técnica, junto con el nombre y la dirección de la empresa que la fabricará. Este paso ha de hacerse antes de



iniciar la fabricación y no se comenzará con la fabricación hasta recibir la homologación.

### 3.8 FABRICACIÓN DE LA GRÚA.

Una vez redactado el proyecto y homologado por el órgano competente de la administración pública, se deberá iniciar la fabricación.

Las empresas fabricantes e importadoras deberán cumplir los distintos reglamentos:

- Deberán estar inscritas en el registro industrial de fabricantes existentes en el órgano territorial competente de la administración pública.
- Serán responsables de que los aparatos elevadores cumplan las condiciones del reglamento.
- Deberán contar en su plantilla, como mínimo, con un técnico titulado competente que tenga la responsabilidad técnica de la empresa.

### 3.9 MANTENIMIENTO.

El mantenimiento se realizará por una empresa especializada que garantizará el buen funcionamiento de la grúa.

#### 3.9.1 Empresa conservadora.

##### 3.9.1.1 *Requisitos legales.*

La empresa encargada de la conservación de la grúa deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Estar inscrita en los registros de empresas conservadoras de los órganos territoriales competentes de la administración pública.
- Cumplir lo siguiente:
  - ✓ Poseer los medios técnicos y humanos que se especifiquen en cada ITC.
  - ✓ Tener cubierta la responsabilidad civil que pueda derivarse de su actuación, mediante la correspondiente póliza de seguros por la cuantía que se indique en la correspondiente ITC.
  - ✓ Responsabilizarse de que los aparatos que les sean encargados se mantienen en condiciones de funcionamiento correctas.

- La validez de las inscripciones será de un año, prorrogable, a petición del interesado, por periodos iguales. En caso de que se compruebe que no se cumplen los requisitos, podrá ser cancelado el permiso en cualquier momento.

### 3.9.1.2 Obligaciones.

La empresa conservadora dedicará especial atención a los elementos de seguridad del aparato, al buen funcionamiento y a la seguridad de las personas y de las cosas.

La empresa encargada del mantenimiento deberá cumplir las siguientes obligaciones:

- Revisar, mantener y comprobar la instalación de acuerdo con los plazos que para cada clase de aparato se determine en las ITC.
- Enviar personal competente, en caso de que sea requerido, por el propietario o arrendatario en caso de averías.
- Poner por escrito en conocimiento del propietario o arrendatario los elementos del aparato que han de sustituirse, en caso de que no estén en condiciones óptimas.
- Interrumpir el servicio del aparato cuando se aprecie riesgo de accidente hasta que se efectúe la necesaria reparación.
- En caso de accidente, estarán obligados a ponerlo en conocimiento del órgano territorial competente de la administración pública y mantener interrumpido el servicio hasta que este órgano lo autorice, previos reconocimientos y pruebas pertinentes.
- Conservar, desde la última inspección periódica realizada, la documentación correspondiente, justificativa de las fechas de visita, resultado de las revisiones de conservación, elementos sustituidos e incidencias que se consideren dignas de mención, entregando una copia de la misma al arrendatario o propietario.
- Comunicar al propietario del aparato la fecha en que le corresponde solicitar la inspección periódica.
- Dar cuenta al órgano competente de la administración pública, en un plazo máximo de quince días, de todas las altas y bajas de contratos de conservación de los aparatos que tengan a su cargo.

### 3.9.2 Propietario.

El propietario o, en su caso, el arrendatario, deberá cuidar que la estructura se mantenga en perfecto estado de funcionamiento, así como impedir su utilización cuando no ofrezca las debidas garantías de seguridad para las personas o las cosas. Por lo tanto, deberá cumplir las siguientes obligaciones:

- Contratar el mantenimiento y las revisiones periódicas de la instalación por parte de una empresa especializada.
- Solicitar a su debido tiempo la realización de las inspecciones periódicas que se establezcan en las ITC.
- Tener debidamente atendido el servicio de las instalaciones, disponiendo como mínimo de una persona encargada del aparato.
- Impedir el funcionamiento de la instalación cuando, directa o indirectamente, tenga constancia de que la misma no reúne las debidas condiciones de seguridad.
- En caso de accidente, estará obligado a ponerlo en conocimiento del órgano territorial competente como de la empresa conservadora. Interrumpirá el servicio hasta que lo autorice el órgano competente, previas pruebas y reconocimientos pertinentes.
- Facilitar a la empresa conservadora la realización de las revisiones y comprobaciones que está obligada a efectuar su aparato.



#### 4. PRESUPUESTO.

Para calcular el coste de la grúa, se analizará el coste de cada fase del proyecto. Se empezará calculando los costes de los cálculos del diseño y de delineación. Posteriormente se calculará el coste de los elementos de la grúa que se deban fabricar por una parte y de los que se deban comprar por otra.

También se calcularán los costes asociados y puesta a punto de la grúa. Los costes administrativos también estarán incluidos.

Desglosaremos el presupuesto de la instalación en varios conceptos.

- Los derivados del diseño y delineación del proyecto,
- Los relacionados con el coste de los materiales y elementos necesarios para la construcción de la grúa de columna fija,
- Los costes de fabricación y montaje de la grúa
- Todos los que implican el transporte y manipulación de los elementos y administración del proyecto.

El coste de la ejecución de la cimentación corre a cargo del cliente. Solo se le hace el estudio de dimensionamiento de la misma.

##### 4.1 COSTE DE DISEÑO

En el coste de diseño se tienen en cuenta los gastos derivados del diseño, la realización de los planos y la gestión de los trámites administrativos.

El diseño lo realizará el ingeniero encargado de realizar el proyecto. Una vez realizado el diseño se encargará de supervisar los planos realizados por el delineante. También se encargará de especificar los diferentes elementos de la grúa para de esta forma facilitar la tarea al departamento de compras.

Una vez se vaya a instalar la grúa esta instalación tendrá que ser revisada por el propio ingeniero. El coste presupuestado vendrá definido por los trabajos de oficina técnica y diseño.

COSTE DE DISEÑO			
Actividad	Horas	Precio (€/h)	Coste (€)
Diseño	250	50	12500
Delineación	120	30	3600
Gestión y planificación	120	50	6000
Total	490		22100
IVA 18%			3978
TOTAL (IVA incluido)			26078
Tabla 52. Coste de diseño (Fuente: Elaboración propia)			

## 4.2 COSTE DE MATERIALES Y ELEMENTOS.

Coste presupuestado para el acero, como materia prima, de la estructura y los elementos comerciales que forman parte de ella.

<b>COSTE DE MATERIALES Y ELEMENTOS</b>			
<b>Coste estructura principal</b>			
Elemento	Peso (Kg)	Precio (€/Kg) IVA inc	Coste (€)
Pluma	1484	2,13	3160.92
Columna	1899	2.13	4044.87
TOTAL (IVA incluido)			7205.79
<b>Coste de piezas fabricadas</b>			
Elemento	Precio (€/Kg) IVA inc	Cantidad de piezas	Coste (€)
Soporte Eje	506	1	506
Engranaje	2654	1	2654
Piezas mecanismo	1089	1	1089
Eje de giro	350	1	350
Armadura	15	30	450
Placa anclaje	250	1	250
Pernos anclaje	30	12	360
TOTAL (IVA incluido)			5659
<b>Coste componentes comerciales</b>			
Elemento	Precio (€/Kg) IVA inc	Cantidad de piezas	Coste (€)
Motor de giro	725	1	725
Reductor	635	1	635
Corona giratoria	3625	1	3625
Polipasto	7000	1	7000
Topes de carrera	65	4	260
Acoplamiento	715	1	715
Otros			
Tornillería			1000
Material eléctrico			1857
Ferretería			700
TOTAL (IVA incluido)			16517
<b>Costes totales de materiales y elementos</b>			
Concepto			Coste (€)
Costes de estructura principal			7205.79
Costes de piezas fabricadas			5659
Costes de componentes comerciales			16517
TOTAL (IVA incluido)			29381.79

Tabla 53. Coste de materiales y elementos (Fuente: Elaboración propia)

#### 4.3 COSTE DE FABRICACIÓN Y MONTAJE.

Coste presupuestado para los trabajos de fabricación en taller de las piezas de la estructura y los trabajos de montaje de todos los elementos en su lugar de emplazamiento.

<b>COSTE DE FABRICACIÓN Y MONTAJE</b>			
Elementos	Horas	Precio (€/h)	Coste (€)
Pluma	95	30	2850
Columna	75	30	2250
Placa anclaje	25	30	750
Accesorios	45	30	1350
Cimentación			
Hormigón	55	45	2475
Montaje e instalación			
Montaje estructural	30	30	900
Montaje de elementos	50	35	1750
TOTAL (IVA incluido)			12325
Tabla 54. Coste de fabricación y montaje (Fuente: Elaboración propia)			

#### 4.4 COSTE DE TRANSPORTE Y MANIPULACIÓN.

Coste presupuestado para el transporte y manipulación de los elementos. Se prevé el uso de una grúa de grandes dimensiones para emplazar los elementos de la estructura en su emplazamiento.

<b>COSTE DE TRANSPORTE Y MANIPULACIÓN</b>			
Elementos	Horas	Precio (€/h)	Coste (€)
Transporte			
Estructura	25	200	5000
Componentes	10	85	850
Grúa			
Estructura	25	270	6750
Componentes	20	50	1000
TOTAL (IVA incluido)			13600
Tabla 55. Coste de transporte y manipulación (Fuente: Elaboración propia)			

<b>COSTE DE MANO DE OBRA DIRECTA (M.O.D)</b>	
Concepto	Coste (€)
Costes de diseño	26078
Coste de fabricación y montaje	12325
Coste de transporte y manipulación	13600
Tabla 56. Coste de mano de obra directa (Fuente: Elaboración propia)	

#### 4.5 COSTE TOTAL.

Se debe contar también con los gastos de administración y gestión del proyecto.

En este precio se incluye el coste de la construcción de la grúa teniendo en cuenta el coste de la realización de la zapata. En este precio no se tiene en cuenta el coste de la realización del proyecto por parte del ingeniero.

A continuación, se calculará el precio aproximado de la grúa en el mercado. Este precio lo obtendremos sumándole al gasto de diseño y fabricación los gastos de montaje y administrativos.

<b>Costes materia prima</b>	
Costes de materiales y elementos (IVA incluido)	29381.79 €
<b>Costes M.O.D</b>	
Costes de fabricación y montajes (IVA incluido)	12325 €
Coste de transporte y manipulación (IVA incluido)	13600 €
Diseño, gestión y dirección de proyecto (IVA incluido)	26078 €
<b>TOTAL (IVA incluido)</b>	<b>81384.79 €</b>
Gastos generales 12%	9766.17 €
Beneficios industriales 15%	12207.71 €
<b>Coste de ejecución por contrata</b>	<b>103358.67 €</b>
Proyecto 2.5%	2583.97 €
Dirección de obra 4.5%	4651.14 €
<b>COSTE FINAL</b>	<b>110594.00 €</b>
Tabla 57. Coste total (Fuente: Elaboración propia)	

El coste total del proyecto asciende a la cantidad de:

CIENTO DIEZ MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS.

Santander, a 12 de diciembre de 2018

Ingeniero Marítimo: Felipe Martínez Gutiérrez

Fdo:

## 5. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD (PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES).

### 5.1 INTRODUCCIÓN.

El estudio se realizará según lo indicado en real decreto 1627/97 del 24 de octubre. En este real decreto se especifican las disposiciones mínimas de seguridad y salud que deben cumplirse para la realización del proyecto, empezando desde su fabricación hasta su montaje.

El estudio indicará los posibles riesgos que durante su fabricación y montaje puedan surgir, así como para la realización de las tareas de mantenimiento. El presente proyecto servirá para indicar unas directrices básicas a la empresa montadora como a los diferentes proveedores de las piezas a fabricar.

El estudio tendrá que ser elaborado por un técnico competente designado por el contratista del proyecto.

El plan de seguridad deberá ser aprobado por el coordinador de seguridad y salud antes de iniciarse la fabricación y el montaje, en caso de no existir dicho coordinador este será aprobado por la dirección facultativa del proyecto.

En cada centro de trabajo deberá existir el libro de incidencias para el seguimiento del plan. Todas las anotaciones realizadas en el libro de incidencias deberán ser notificadas a la inspección de trabajo y seguridad social en un plazo máximo de 24 horas.

El contratista y todos los subcontratistas deberán asegurarse de que todos los trabajadores conocen las medidas de seguridad y salud.

### 5.2 PRINCIPIOS GENERALES PARA LA EJECUCIÓN.

Se deberán seguir las siguientes indicaciones, adaptándolas al lugar de trabajo tanto en la fabricación como en el montaje.

- Mantener el orden en lugar de trabajo
- Elección del lugar de trabajo teniendo en cuenta las condiciones de acceso y teniendo en cuenta las zonas de desplazamiento y circulación.
- Mantenimiento y control previo a la puesta en servicio de la y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la realización del trabajo, con el objetivo de corregir los defectos que podrían afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.



- La delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los diferentes materiales en especial de las materias peligrosas.
- Recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- El almacenamiento y la eliminación o evacuación de residuos y sobras.
- Adaptación, en función de la evolución de la obra, del periodo de tiempos efectivos que se deberá dedicar a los diferentes trabajos o fases de trabajo.
- La cooperación entre el contratista, subcontratistas y trabajadores autónomos.

El empresario aplicará las medidas necesarias para prevención siguiendo los siguientes principios generales.

- Evitar riesgos
- Evaluar los riesgos que no se puedan evitar
- Combatir los riesgos en el origen
- Adaptar los trabajos a las personas, en particular en lo que representa al lugar de trabajo, así como la elección de los equipos y métodos de trabajo y producción, con la finalidad, en particular de atenuar el trabajo monótono y repetitivo y reducir los efectos de estos en la salud.
- Tener en cuenta la evolución de la técnica
- Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre la técnica, la organización del trabajo y las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales.
- Adoptar las medidas que antepongan la seguridad colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.

El empresario deberá considerar las capacidades profesionales de cada trabajador y del material de seguridad a la hora de encomendar los trabajos.

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que solo los trabajadores con la información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.

Las medidas de seguridad deberán contar medidas para evitar los accidentes debidos a las distracciones o imprudencias no temerarias que puedan surgir en el trabajo.

Se contratará un seguro que tenga como finalidad garantizar cubrir la prevención de los riesgos derivados del trabajo. La empresa respecto de sus trabajadores, los trabajadores autónomos respecto de sus materiales y las cooperativas respecto de sus socios.

### 5.3 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.

Sin perjudicar las disposiciones mínimas de seguridad y salud, se enumeran a continuación los riesgos particulares de los diferentes trabajos del proyecto, teniendo en cuenta que algunos de ellos pueden darse durante todo el proceso de ejecución.

Se dará especial atención a los riesgos más usuales en el montaje, por ejemplo, caídas, golpes etc....Se deberán adoptar las posturas más idóneas en cada fase del trabajo, sobre todo en las soldaduras.

#### 5.3.1 Medios y maquinaria.

- Atropellos, choques con otros vehículos
- Interferencias con otras instalaciones (agua, gas etc...)
- Desplome o caída de maquinaria (grúas, etc...)
- Riesgos derivados del funcionamiento de las grúas
- Caída de la carga transportada
- Generación masiva de polvo o emanación de gases tóxicos
- Caída de material
- Ambiente excesivamente ruidoso
- Riesgos con la electricidad
- Accidentes condicionados por condiciones atmosféricas

#### 5.3.2 Trabajos previos al montaje.

- Interferencias con otras instalaciones (agua, gas etc...)
- Caída de material
- Sobre esfuerzos por posturas incorrectas
- Vuelco de pilas de material



- Riesgos derivados del almacenamiento de material (humedad, temperatura, etc....)

### 5.3.3 Cimentación.

- Interferencias con otras instalaciones (agua, gas etc....)
- Proyección de partículas durante el trabajo
- Caídas desde puntos altos de elementos provisionales
- Contacto con materiales agresivos
- Puntas y palos
- Golpes
- Caídas de material
- Ambiente excesivamente ruidoso
- Desplome de los elementos de contención
- Caída o desplome de edificios o mobiliario urbano cercano
- Riesgos con la electricidad
- Desprendimiento o corrimiento de tierras y rocas
- Sobre esfuerzos por posturas incorrectas
- Errores de encofrado
- Generación masiva de polvo o emanación de gases tóxicos
- Vuelco de pilas de material
- Riesgos derivados del almacenamiento de material (humedad, temperatura, etc....)

### 5.3.4 Estructura.

- Interferencias con otras instalaciones (agua, gas etc....)
- Proyección de partículas durante el trabajo
- Caídas desde puntos altos de elementos provisionales
- Contacto con materiales agresivos
- Golpes
- Caídas de material
- Sobre esfuerzos por posturas incorrectas
- Generación masiva de polvo o emanación de gases tóxicos
- Vuelco de pilas de material





- Riesgos derivados del almacenamiento de material (humedad, temperatura, etc....)
- Caídas desde puntos altos

#### 5.3.5 Trabajos que impliquen riesgos especiales.

- Trabajos en los que exista el riesgo de quedar sepultado, atrapado o se pueda caer de altura, por las características del trabajo realizado, por los procedimientos aplicados o por el entorno de trabajo
- Trabajos en los que la exposición a agentes químicos o biológicos supongan un riesgo especialmente grave, en los que la vigilancia de específica de la salud de los trabajadores sea legalmente exigible.
- Trabajos con exposición a radiaciones para la que la normativa específica obliga a la delimitación de zonas controladas o vigiladas.
- Trabajos en proximidad de líneas de alta tensión.
- Trabajos que requieran montar y desmontar elementos prefabricados pesados

#### 5.3.6 Medidas de prevención y protección.

- Como criterio general primarán las protecciones colectivas frente a las individuales. Se deberá mantener en buen estado de conservación los medios auxiliares, la maquinaria y las herramientas de trabajo.
- Las medidas de protección deberán estar homologadas según la normativa vigente.
- Para las medidas también se deberá tener en cuenta los posibles trabajos de reparación, mantenimiento, etc....

#### 5.3.7 Medidas de protección colectiva.

- Organizar el trabajo para evitar interferencias entre los diferentes trabajos.
- Señalización de las zonas de peligro.
- Prever el sistema de circulación de vehículos y la señalización.
- Dejar una zona libre alrededor de la zona excavada para el paso de la maquinaria.
- Inmovilización de camiones mediante tacos o topes durante la carga y descarga.



- Respetar las distancias de seguridad respecto de las instalaciones existentes.
- La instalación eléctrica deberá estar con su protección aislante.
- Uso de la grúa para el montaje por personal especializado
- Revisión periódica de y mantenimiento de la maquinaria y equipamiento de la obra.
- Sistema de regadío que impida la emisión de polvo a gran escala.
- Comprobación de la adecuación de las soluciones de ejecución.
- Utilización de pavimentos antideslizantes.
- Protecciones para evitar la caída de objetos

#### 5.3.8 Medidas de protección individual.

- Utilización de máscaras y útiles homologados contra el polvo y proyección de partículas.
- Utilización de calzado de seguridad
- Utilización de casco homologado.
- Todas las zonas elevadas en las que no existan zonas fijas de protección se deberán establecer puntos seguros para poder sujetar el cinturón de seguridad homologado, el cual será obligatorio usarlo.
- Utilización de guantes homologados.
- Utilización de protectores auditivos homologados en ambientes excesivamente ruidosos.
- Utilización de equipos de suministro de aire.
- Sistemas de sujeción permanentes y vigilancia por más de un operario, en los trabajos en los que exista peligro de intoxicación

#### 5.3.9 Medidas de prevención a terceros.

- Señalización de la obra y cerrar el recinto. En caso de que el cerco cierre toda la calle se deberá prever un paso seguro para viandantes. El cerramiento debe impedir que personas ajenas a la obra puedan acceder a ella.
- Prever el sistema de circulación de vehículos y señalizarlo.
- Inmovilización de camiones mediante tacos o topes durante la carga y descarga.

- Comprobación de la adecuación de las soluciones de ejecución.
- Proteger para caídas de objetos

## 5.4 PRIMEROS AUXILIOS

Se dispondrá de una enfermería en la que se dispondrá lo especificado en la norma vigente.

Se informará al inicio de la obra de situación de los diferentes centros de salud a los que se trasladarán en caso de accidente.

Se recomienda disponer en la obra, en un lugar visible, una lista de teléfonos y direcciones de los centros asignados para urgencias, taxis, ambulancias, etc. Para garantizar el traslado de posibles accidentados.

## 5.5 MANIPULACIÓN DE LA GRÚA.

### 5.5.1 Introducción.

A continuación, se indican las normas fundamentales para llevar a cabo una manipulación segura de la grúa para evitar los riesgos que se derivan de una incorrecta manipulación e imprudencias cometidas por los operarios:

- Antes de elevar la carga, realizar una pequeña elevación para comprobar su estabilidad y, en caso de carga inclinada, descender y realizar un eslingado que asegure una carga estable.
- Elevar la carga siempre con la pluma y el gancho alineados con la misma, tanto horizontal como verticalmente, para evitar balanceos. La carga se debe encontrar suspendida horizontalmente para un desplazamiento seguro.
- El operario debe acompañar siempre con la vista a la carga para un mayor control de las distancias y observar en todo momento la trayectoria de la misma, evitando golpes contra obstáculos fijos.
- No colocarse nunca debajo de ninguna carga suspendida ni transportarla por encima de trabajadores y llevar siempre la carga por delante.
- La colocación de los elementos de elevación como accesorios y eslingas deben colocarse asegurándose un perfecto amarre de la carga. Se trata de una tarea de compromiso para el operario.
- En operaciones de elevación y transporte de cargas de gran complejidad y elevado riesgo debido al mayor volumen de la carga transportada, o a

su volumen en las que se precise una especial atención, se deberá seguir un plan establecido para dichas operaciones y contar además de un encargado de señales.

### 5.5.2 Elementos de seguridad en el uso.

A continuación, se presenta una lista en la que se indican los elementos de seguridad indispensables para una utilización segura de la grúa:

- La botonera se encuentra correctamente identificada en los mandos de control.
- El mando de control cuenta con un dispositivo de parada de emergencia que corta la corriente del puente excepto de dispositivos de toma de carga.
- La parada de emergencia no puede ser rearmada involuntariamente.
- Los aparatos mandados desde el suelo deben detenerse automáticamente cuando se abandona el órgano de control.
- Existe en el mando de control un bloqueo de seguridad para evitar la utilización por personal no especializado.
- La grúa cuenta con topes de final de carrera anterior y posterior sobre la pluma.
- La pluma cuenta con dispositivos de final de carrera de traslación del carro.
- Existencia de un dispositivo limitador de sobrecarga y de par admisibles.
- Existencia de un dispositivo de seguridad a la salida del motor que detecte fallos para evitar la caída de la carga durante el descenso.
- Todas las piezas bajo tensión se encuentran aisladas o protegidas en toda su longitud.
- Los ganchos disponen de pestillo de seguridad.
- El estado de los cables no presenta desgaste, rotura de alambres,...
- Los cables del polipasto se encuentran correctamente enrollados.
- Los cables del polipasto no presentan corrosión.
- Existencia de zonas de circulación de la carga.
- La zona de circulación se encuentra libre de obstáculos y correctamente señalizada.
- La carga no es transportada por encima de los trabajadores.



- Los accesorios de elevación están marcados de forma que se pueden identificar las características esenciales.
- Existencia de barandillas y pasarelas adecuadas en pasos elevados.
- Existencia de carteles de advertencia de riesgos.
- Todos los ganchos deberán contar con un pestillo de seguridad siempre por dentro del mismo para evitar la salida del sistema de eslingado.
- Para un eslingado de las cargas más seguro, se deberá contar con elementos de adaptación de la carga, como cantoneras que evitan su deterioro y posibilitan una mejor sujeción.
- Se deberá contar con un lugar específico y adecuado para dejar el mando de control cuando no se utilice.
- Deberá figurar una indicación claramente visible de la capacidad nominal de la grúa.
- Los cables de tensión deberán encontrarse aislados y protegidos a lo largo de toda su longitud.
- Al final de las vigas carriles es necesaria la existencia de topes finales de carrera para evitar que el polipasto se salga de las vías de rodadura.

### 5.5.3 Elementos de seguridad presentes.

#### 5.5.3.1 Consideraciones generales.

Es importante seguir una serie de normas y precauciones que, aparte de evitar accidentes como por ejemplo el vuelco de la grúa, garantizarán un buen funcionamiento de la misma durante toda su vida útil. Estas consideraciones son comunes a las grúas en general:

- No se deben arrancar con la grúa objetos fijados al suelo o arrastrar cargas.
- No se deben levantar cargas con el cable no vertical. Está prohibido transportar o levantar personas con la grúa. Este equipo no está bajo ninguna manera diseñado para levantar, apoyar, o transportar a seres humanos. La falta de seguir las limitaciones especificadas de la carga y del montaje puede dar lugar a lesión y/o a daños materiales corporales serios.

- No se debe cambiar el sentido de la marcha de forma súbita (contramarcha), siendo siempre necesario que el movimiento se pare antes de dar la marcha contraria.
- La corriente eléctrica tendrá que ser trifásica de 380 V y 50 Hz. Hay que prever también una toma de tierra que habrá que verificar periódicamente.

Tras la primera semana de instalación de la grúa, hay que realizar unas verificaciones generales como:

- Verificar la horizontalidad del zócalo debido a que el terreno puede haber asentado y regular el nivel de la grúa en caso necesario.
- Verificar la tensión del cable del carro y tensarlo si es necesario.
- Verificar antes del uso el buen funcionamiento los frenos de todos los accionamientos y de los finales de carrera.
- Verificar el correcto funcionamiento de los limitadores de par.
- Proceder a un engrasado general de la grúa.

#### *5.5.4.2 Sistemas de seguridad del polipasto.*

##### **5.5.4.2.1 Limitador de carga**

El limitador de carga ha sido diseñado para prevenir las sobrecargas que habitualmente se producen en los aparatos de elevación como grúas, puentes grúa, montacargas, elevadores y, en general, a cualquier equipo o instalación donde se someta un cable metálico a tracción y se desee limitar la tensión máxima.

##### **5.5.4.2.2 Frenos de los accionamientos**

Todos los accionamientos necesitan un sistema de frenado que detenga y controle los movimientos de la instalación.

##### **5.5.4.2.3 Finales de carrera.**

Son necesarios dispositivos de final de carrera que limiten los movimientos de elevación y traslación de la carga para evitar accidentes y daños a terceros.

Los finales de carrera se integran en el equipo eléctrico del polipasto. Se utilizan para desconectar el motor de elevación cuando el gancho alcanza las posiciones más alta y más baja y permite conectar después el movimiento

opuesto. El interruptor de parada de emergencia no se puede emplear para fines de servicio.

Las disposiciones para la prevención de accidentes exigen el control diario del interruptor de parada de emergencia. Para cumplir este requisito, se incorpora un pulsador de prueba en el órgano de mando. Accionando este pulsador, se puede puntear el interruptor de servicio. Para activar el interruptor de parada de emergencia, es necesario conectar al mismo tiempo el motor de elevación del polipasto.

#### 5.5.4 Requerimientos del operador de la grúa.

La figura clave de la seguridad durante la utilización de la máquina es evidentemente el operador de la grúa; esta persona debe cumplir unas determinadas condiciones profesionales y psicofísicas:

Defectos físicos o psíquicos incapacitantes:

- Limitación excesiva de la capacidad visual.
- Limitación excesiva de la capacidad auditiva.
- Vértigo.
- Enfermedades cardiorrespiratorias.
- Alta puntuación en escalas de paranoia, depresión, etc.
- Condiciones físicas o psíquicas determinantes.
- Rapidez de decisión.
- Coordinación muscular.
- Reflejos.
- Aptitud de equilibrio.
- Normalidad de miembros.
- Agudeza visual, percepción de relieve y color.
- Edad (superior a 20 años).

Asimismo, debe ser capacitado para maniobrar la grúa con seguridad mediante una instrucción teórico-práctica adecuada que debe además reforzarse cada uno o dos años (reciclaje).

Respecto al uso de un aparato concreto, el conductor debe conocer la documentación que le acompañará y, que según UNE 58-105-76, estará compuesta por:



- El manual de consignas de explotación.
- Las normas de conducción del aparato.
- El mantenimiento del mismo (en lo que a él atañe).

#### 5.5.5 Reglas de seguridad del operador de la grúa.

Normas generales:

- Cualquier tipo de grúa sólo podrá ser manejada por operarios autorizados y suficientemente formados.
- En ningún caso se superará la carga máxima útil que corresponda a cada posición de trabajo de la grúa. Del mismo modo, nunca se superará la carga máxima señalada en las especificaciones de sus elementos auxiliares, ganchos, cables, eslingas, etc.
- Las grúas estarán equipadas, obligatoriamente, con los correspondientes limitadores de carga y de recorrido de sus diferentes movimientos.
- Antes de conectar el interruptor de los aparatos de izar, se verificará que los mandos se encuentran en punto muerto.
- Antes de mover las cargas, se comprobará su completa estabilidad y buena sujeción. Si una vez iniciada la maniobra se observa que la carga no está correctamente colocada, el maquinista deberá interrumpir la operación y bajarla lentamente para su arreglo.
- Todos los desplazamientos de las cargas se harán lentamente evitando siempre los movimientos bruscos.
- Las cargas se desplazarán a la menor altura posible. Los movimientos sin carga se harán con el gancho elevado.
- Se prohíbe elevar cargas que no se encuentren completamente libres. Nunca se utilizarán las grúas para arrancar o desenclavar objetos, en la recuperación de apoyos o soportes se aflojará suficientemente el terreno.
- La elevación y el descenso de las cargas se hará siempre en sentido vertical. Si ello es materialmente imposible, el encargado o jefe de trabajo, deberá responsabilizarse y dirigir la operación, tomando cuantas medidas adicionales sean precisas para evitar riesgos a trabajadores e instalaciones.
- No deben utilizarse varios aparatos para elevar la misma carga. Cuando sea absolutamente imprescindible, se hará bajo la dirección y



responsabilidad del encargado o jefe de trabajo, quien deberá tomar además, en este caso, cuantas medidas complementarias sean necesarias para evitar riesgos a trabajadores e instalaciones.

- Queda totalmente prohibido el transportar cargas por encima de personas.
- Se prohíbe el paso o la permanencia de los trabajadores bajo cargas izadas.
- Cuando se utilicen las grúas el encargado o jefe de trabajo, despejará suficientemente la zona de peligro y tomará las medidas oportunas para que dicha zona no pueda ser invadida por los trabajadores u otras personas durante el tiempo que dure la operación.
- Queda absolutamente prohibida el transporte de personas sobre cargas, ganchos o eslingas vacías.
- Cuando no pueda evitarse que los objetos transportados giren, se guiarán en su desplazamiento utilizando cuerdas desde un lugar seguro.
- Queda prohibido dejar los aparatos de izar con las cargas suspendidas. El operador nunca dejará el puesto de mando con el aparato en carga.
- Nunca se efectuarán contramarchas, salvo en caso de emergencia.
- Cuando los movimientos de los aparatos estén limitados por contactos fin de carrera, se procurará no apurar los recorridos con el fin de evitar el desgaste prematuro de los contactos.
- Se evitará que los ganchos de las grúas apoyen sobre el suelo u otros objetos, para que el cable no pierda tensión.
- Antes de iniciar el uso de los aparatos de elevación se comprobará la inexistencia de obstáculos en su campo de acción. De existir, se tomarán las medidas precisas para limitar su movimiento e impedir posibles choques.
- Cuando existan líneas eléctricas en la proximidad del campo de acción de los aparatos de elevación, se activarán los mecanismos de limitación de movimientos y se observará alguna de las siguientes precauciones.
  - Corte de corriente
  - Instalación de pantallas protectoras suficientemente resistentes



- Guardar distancias de seguridad, que serán, como mínimo, de 10 metros para tensiones de 50kV. o más, y de 5 metros para menos de 50 kV.
- Como norma general, se suspenderá el trabajo cuando la velocidad del viento alcance los 50 Km/h, salvo que en el manual de instrucciones facilitado por el fabricante del aparato, se señale una velocidad diferente, o cuando se haya llevado a cabo un montaje especial para trabajar en condiciones más desfavorables realizado por empresa especializada y autorizada, que facilitará el correspondiente certificado.
- Como norma general, se suspenderá el trabajo cuando la velocidad del viento alcance los 50 Km/h, salvo que en el manual de instrucciones facilitado por el fabricante del aparato, se señale una velocidad diferente, o cuando se haya llevado a cabo un montaje especial para trabajar en condiciones más desfavorables realizado por empresa especializada y autorizada, que facilitará el correspondiente certificado

## 6. BIBLIOGRAFÍA

### Libros

- Miravete, A., Larrodé, E., (2002) *Los transportes en la ingeniería industrial (teoría)*; Servicio de Publicaciones Universidad de Zaragoza, Zaragoza.
- Miravete, A., Larrodé, E., (2002) *Los transportes en la ingeniería industrial (práctica)*; Servicio de Publicaciones Universidad de Zaragoza, Zaragoza.
- Miravete, A., (1994) *Aparatos de Elevación y Transporte*; Zaragoza.
- Larrodé, E., Miravete, A., (1996) *Grúas*; Servicio de Publicaciones Universidad de Zaragoza, Zaragoza.
- Ernst, H., (1970) *Aparatos de Elevación y Transporte. Tomo II. Tornos y grúas*; Ed. Blume, Barcelona.
- Ernst, H., (1970) *Aparatos de Elevación y Transporte. Tomo I. Principios y elementos constructivos*; Ed. Blume, Barcelona.
- Timoshenko., (2004) *Resistencia de materiales*; Ed. Paraninfo, S.A.

### Normativa

- UNE 58-132-91 Aparatos de elevación. Reglas de cálculo.
  - Parte 1: Clasificación, símbolos y denominaciones más utilizadas.
  - Parte 2: Solicitaciones y casos de solicitaciones que deben intervenir en el cálculo de las estructuras y de los mecanismos.
  - Parte 3: Cálculo de las estructuras y de la uniones.
  - Parte 4: Cálculo y elección de los elementos mecánicos.
  - Parte 5: Elección del equipo eléctrico.
  - Parte 6: Reglas de seguridad.
- UNE 58-112-91 Grúas y aparatos de elevación. Clasificación.
  - Parte 1: General.
  - Parte 4: Grúas de pluma.
- UNE 58-113-85 Grúas. Acción del viento
- UNE-EN 10080 Acero para el armado del hormigón. Acero soldable para armaduras de hormigón armado. Generalidades.
- BOE-A-1995-24292. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.



- REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. BOE nº 256 25-10-1997

### **Catálogos de fabricantes**

- DEMAG; *Polipastos*.
- ROTHE ERDE; *Grandes rodamientos*.
- BONFIGLIOLI; *Motores*.
- ABUS. *Polipastos*
- BONFIGLIOLI; *Reductores*.
- G H. CRANES & COMPONENTS. *Plumas industriales y marinas*.
- DONATI. *Grúas de bandera manuales y eléctricas*.
- LIEBHERR. *Technical Description Ship to Shore Gantry Cranes*

### **Páginas web**

Páginas web accedidas entre junio y Noviembre de 2018

- Ingeniería Rural UCLM ([www.ingenieriarural.com/](http://www.ingenieriarural.com/))
- Rothe Erde (<http://www.rotheisa.es/>)
- Demag Cranes <https://www.demagcranes.com/>
- Bonfiglioli, Gearmotors, Gearboxes, Motors, Inverters Electric Motors (<https://www.bonfiglioli.com/en/>)
- AENOR (<https://www.aenor.com/>)
- Asociación española de normalización (<https://www.une.org/>)
- Boletín oficial del estado (<https://www.boe.es/>)
- Puerto deportivo Marina de Santander (<http://www.marinadesantander.com>)
- Wikipedia (<https://es.wikipedia.org/>)
- Presupuesto (<http://www.generadordeprecios.info/>)

### **Apuntes de clase (Grado en Ingeniería Marítima Unican)**

- G1103: Mecánica y Resistencia de Materiales. Responsable de la asignatura. Responsable de la asignatura Luis Miguel Muñoz Gonzalez.
- G1121: Construcción Naval I. Responsable de la asignatura Luis Manuel Vega Antolín.



- G1126: Modelado 3D de Elementos del Buque. Responsable de la asignatura. Responsable de la asignatura Fernando Fadón Salazar
- G317: Expresión Gráfica. Responsable de la asignatura Raquel Armesto Alonso.



## ANEXO 3: FICHAS TÉCNICAS.

## Polipastos de cable Demag DR

Versátiles y rápidos – para capacidades de carga de hasta 50 t





## Demag Cranes & Components – Soluciones innovadoras y especializadas al más alto nivel

Los requisitos fundamentales que se imponen a las soluciones de flujo de materiales, logística y accionamiento son rentabilidad y, al mismo tiempo, una alta seguridad de funcionamiento. Este es el campo de trabajo en el que Demag Cranes & Components desarrolla y fabrica, desde hace casi dos siglos, soluciones especializadas para tareas de transporte y de manipulación de cargas, así como para el flujo de materiales en la producción y el almacenamiento.

En la actualidad, la compañía cuenta con una madurada competencia global en el sector de componentes de manipulación, grúas y elevadores, ofreciendo soluciones y servicios mundialmente innovadores para empresas de cualquier envergadura. En este sentido, Demag Cranes & Components se centra primordialmente en sus necesidades específicas, para que los productos y los servicios se adapten a la perfección al proceso de explotación de su empresa.



39804-1



# Polipastos de cable Demag DR – potentes y con valor de futuro

Los polipastos Demag DR cumplen todos los requisitos de los equipos de elevación modernos, ofreciendo así la seguridad de inversión necesaria. Además su vida útil especialmente elevada, ofrece unas extensas prestaciones de serie con una relación precio/calidad muy ventajosa.

## **Mayor velocidad de elevación para un mayor rendimiento**

Los polipastos de cable Demag DR disponen de serie, en la mayoría de sus modelos, de una velocidad de elevación de al menos 6 m/min con un aparejado 4/1.

## **Una mayor disponibilidad para una mayor rentabilidad**

Los polipastos de cable se suministran con una clasificación FEM más elevada. El accionamiento del cable se corresponde exactamente con los requisitos FEM, pero la vida útil del reductor es un 20 % mayor. De esta forma, el periodo de tiempo hasta la revisión general, que deberá realizarse al finalizar el periodo de trabajo seguro (Safe Working Period (S.W.P.)), se aumenta en un 20 %. Además, el generoso dimensionado de todas las piezas garantiza una disponibilidad de servicio a largo plazo. La construcción modular de los polipastos de cable permite una rápida realización de las tareas de mantenimiento y reparación de los diferentes componentes, acortando los posibles tiempos de parada necesarios.

Además de todas las ventajas en cuanto a rentabilidad, los polipastos de cable DR ofrecen la más alta seguridad para el usuario y los materiales a transportar.

## **Versatilidad asombrosa**

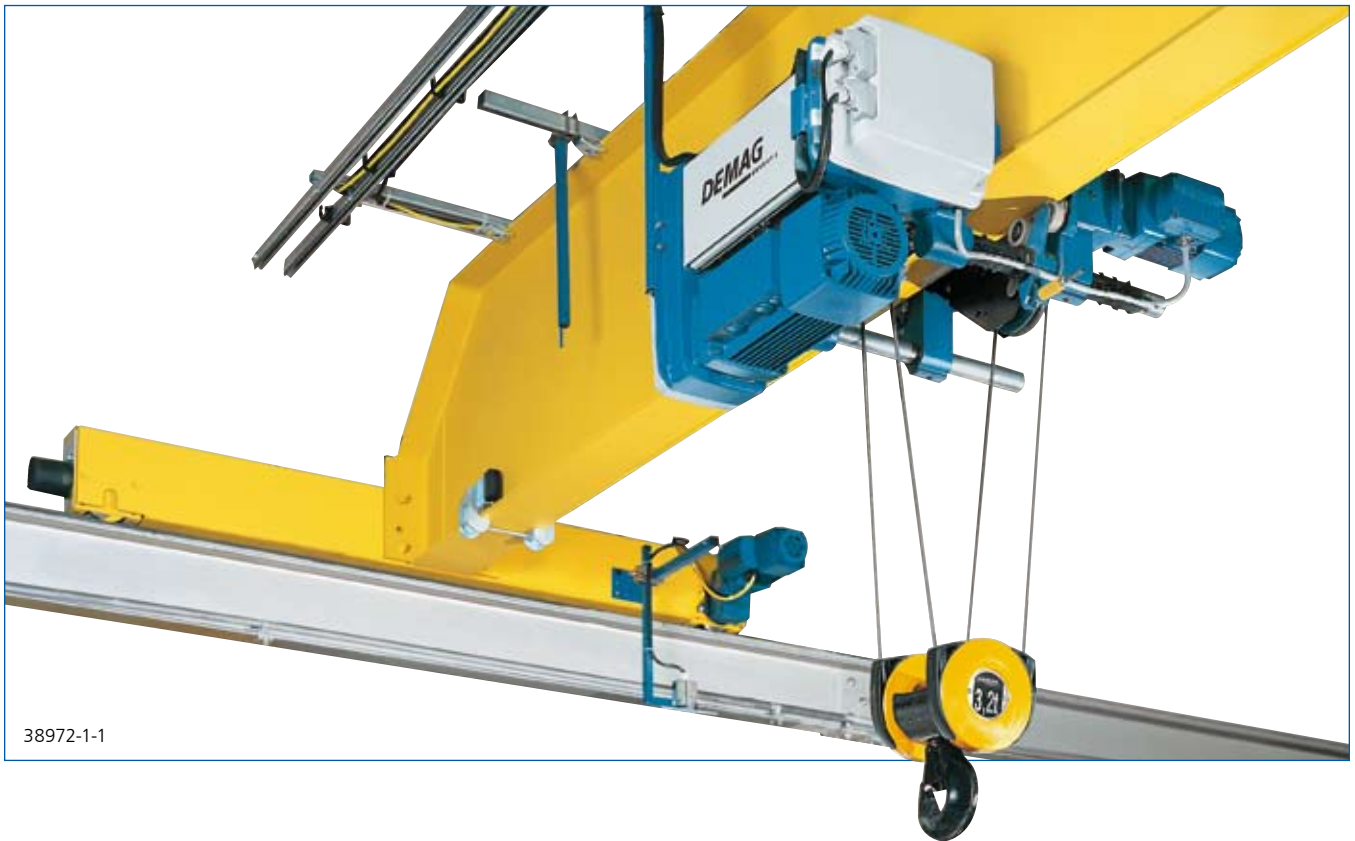
Se presenta en cuatro modelos diferentes para ofrecer una solución a prácticamente cualquier aplicación:

- Polipasto básico GDR
- Polipasto con patas FDR
- Carro monorraíl EKDR
- Carro birraíl ZKDR



Polipastos de cable Demag sitúan los helicópteros en la posición correcta para las tareas de mantenimiento.

## Seguridad y rentabilidad en cada detalle



38972-1-1

### Motor silencioso y de bajas vibraciones

- La construcción optimizada del motor garantiza un funcionamiento silencioso y con bajas vibraciones
- Motor de rotor en cortocircuito con construcción cilíndrica de 12/2 polos o de 4 polos
- Con termocontactos de serie para protección contra excesos de temperatura
- Grupo de protección IP 55
- De serie con generador de impulsos para el control del número de revoluciones y el sentido de giro.
- Frecuencia de conexión por encima del nivel FEM

### Freno de acción rápida

- Freno magnético de corriente continua Demag con control de levantamiento, con seguridad de freno mínima de 1,8
- Acción rápida del freno gracias a componentes electrónicos integrados

### Reductores con lubricación de por vida

Reductor de engranajes cilíndricos con tres escalones y dentado inclinado de gran resistencia y con lubricación de aceite de por vida

### Guía de cable para proteger el material

- Guía de cable de material sintético viscoelástico – funcionamiento seguro incluso en condiciones ambientales críticas
- Entrada de cable segura gracias a rodillos de presión templados sobre rodamientos
- Tiro inclinado hasta 4° sin contacto con la guía de cable

### Motón inferior de fácil manejo

- Mayor seguridad gracias a las tapas de protección – los elementos móviles de plástico aseguran el punto en el que el cable metálico entra en el motón inferior
- Dos rebajes de agarre facilitan el guiado y la manipulación del motón inferior

### Sistema eléctrico moderno

- Transmisión interna de señales de gran seguridad
- Sistema eléctrico completamente modular
- Compartimento eléctrico en grado de protección IP 55
- Módulo totalizador de solicitudes para determinar la vida residual, integrado en la unidad de control

### Final de carrera de engranajes de alta precisión

- Desconexión segura del polipasto en las posiciones extremas
- Cuatro contactos de serie configurados para desconexión de emergencia arriba y abajo
- Seguridad adicional gracias a la desconexión previa
- De forma alternativa se pueden configurar otras funciones, por ejemplo, un final de carrera de servicio

### Limitador de carga

- Seguro contra sobrecarga eletromecánico integrado en el travesaño con cuña de cable
- Evaluación mediante sistema electrónico central que también determina el punto de reacción de carga parcial para recorridos de medición con velocidades de elevación reducidas
- Opcional: seguro electrónico contra sobrecarga para la totalización en caso de disponer de varios mecanismos de elevación, indicador de carga y desconexión de cable flojo

### Botoneras de mando de ergonomía optimizada

- Botonera de mando Demag con cable DSE-10R
  - para el servicio con dos etapas o sin escalonamientos
  - Cable de mando disponible en tres largos, con regulación continua de cuatro metros de longitud
  - Indicador de carga en caso de utilizar un seguro de sobrecarga electrónico
- Telemando Demag DRC-10
  - Emisor de mano robusto con botones proporcionales
  - Salto de frecuencias para una transmisión segura de señales de radio
  - Transmisión bidireccional de señales
  - Tecnología de carga inteligente
- Ambas botoneras están equipadas con pantalla para indicar la carga y los datos de estado específicos de la instalación
- Puerto de infrarrojos para el intercambio directo de datos con un ordenador portátil o PDA





## Carro monorraíl EKDR – El carro de serie para la grúa de una viga



- Compacto con las mejores cotas de aproximación
- Traslación del carro sin escalonamientos para un posicionado preciso y sin oscilaciones
- El variador del carro y la resistencia de frenado ocupan poco espacio dentro del compartimento eléctrico
- Capacidades de carga hasta 12,5 t



Dos carros monorraíles EKDR transportan perfiles de aluminio en modo tandem

## El servicio post venta Demag – 24 horas al día a su disposición

La red mundial de equipos de servicio técnico cualificados Demag y de empresas colaboradoras le ofrece asistencia en todo momento y a cualquier hora. De esta forma se garantiza la máxima disponibilidad y seguridad de su instalación.

### Abastecimiento de repuestos rápido y fiable

Los repuestos necesarios se entregan los siete días de la semana, 24 horas al día.



### Servicio con sistema Demag-IDAPSY

Para el polipasto de cable Demag DR hemos desarrollado un nuevo sistema integral de servicio: Demag-IDAPSY. IDAPSY significa sistema de aplicación de diagnóstico y revisión.

Estas son sus ventajas:

#### ■ Transparencia de la instalación

Gracias al registro del histórico de la instalación, Demag-IDAPSY permite aplicar un mantenimiento planificable y preventivo. De esta forma se puede garantizar una alta disponibilidad.

#### ■ Posibilidades de análisis

El registro de los datos ofrece excelentes posibilidades de análisis. Por ejemplo, se puede realizar la lectura del contador de horas de servicio o se pueden consultar mensajes de error al realizar el mantenimiento o la reparación.

#### ■ Rentabilidad

Un mantenimiento puntual para conservar el estado óptimo de la instalación aumenta la rentabilidad total.

Con el Demag-IDAPSY, los trabajos de mantenimiento se pueden realizar de forma más rápida. Así, el polipasto vuelve a estar disponible más rápidamente.

### Su paquete de asistencia personalizado

Con el fin de garantizar una disponibilidad continuada de su instalación a lo largo de toda su vida útil, el servicio técnico Demag y sus colaboradores le ofrecen una amplia gama de prestaciones:

- Controles periódicos según UVV
- Mantenimientos y revisiones
- Reparación de averías con o sin asistencia por llamada
- Cursos de formación en mantenimiento para operarios y personal de mantenimiento

## Datos técnicos – Criterios de elección

El tamaño viene determinado por los siguientes factores:

- el grupo de sollicitación
- el tiempo medio de uso
- la capacidad de carga y
- el tipo de aparejado

1. ¿Cuáles son las condiciones de servicio?
2. ¿Cuál debe ser la capacidad de carga máxima?
3. ¿A qué altura debe elevarse la carga?
4. ¿A qué velocidad debe elevarse la carga?
5. ¿Las cargas requieren una elevación y un descenso cuidadoso y preciso?
6. ¿Debe trasladarse la carga también en sentido horizontal?
7. ¿Con qué clase de mando desea manejar el polipasto?

El grupo de accionamiento se determina a partir de las horas de servicio y del tipo de carga.

Tipo de carga		Horas de servicio medias por día (h)			
1	bajo	2–4	4–8	8–16	16 o más
2	medio	1–2	2–4	4–8	8–16
3	elevado	0.5–1	1–2	2–4	4–8
4	muy elevado	0.25–0.5	0.5–1	1–2	2–4
Grupo de accionamiento		1 Am	2 m	3 m	4 m
Tipo de aparejado		Tamaño			
1/1	2/1				
2/2	4/2				
4/1	8/2				
6/1	8/1				
Capacidad de carga (t)		Tamaño			
0.5	1	2	–	–	–
0.63	1.25	2.5	–	–	–
0.8	1.6	3.2	–	–	–
1	2	4	–	–	–
1.25	2.5	5	–	–	–
1.6	3.2	6.3	–	–	–
2	4	8	12.5	–	–
2.5	5	10	16	–	–
3.2	6.3	12.5	20	25	–
4	8	16	25	32	–
5	10	20	32	40	–
6.3	12.5	25	40	50	–

### Ejemplo

Capacidad de carga 5 t  
 Tipo de carga „media“ según tabla  
 Velocidad de elevación 6 m/min  
 Velocidad de elevación de precisión 1 m/min  
 Aparejado 4/1  
 Recorrido medio del gancho 3 m  
 Ciclos/hora 20  
 Tiempo de uso/día 8 h

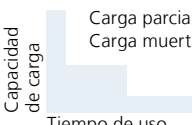



Respecto al promedio diario de uso se elige un valor aproximado o bien se calcula como sigue:

$$\text{Horas serv./día} = \frac{2 \cdot \text{rec. medio gancho} \cdot \text{ciclos/h} \cdot \text{tiempo trabajo/día}}{60 \cdot \text{Velocidad de elevación}}$$

$$\text{Horas serv./día} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 20 \cdot 8}{60 \cdot 6} = 2.66 \text{ hours}$$

Para el tipo de carga medio y una media de servicio de 2,66 h al día, la tabla indica el grupo 2 m. Para la capacidad de carga de 5 t y con un aparejado 4/1, en la tabla se indica el tamaño DR 5 - 5.

**El tipo de sollicitación** (estimado en la mayor parte de los casos) se puede determinar atendiendo al siguiente esquema:

<b>1 carga ligera</b> Mecanismos de elevación sometidos a la sollicitación máxima sólo en casos excepcionales, pero a una sollicitación muy baja en marcha 	<b>2 carga media</b> Mecanismos de elevación sometidos con bastante frecuencia a la sollicitación máxima y corrientemente a sollicitaciones medias 	<b>3 carga pesada</b> Mecanismos de elevación sometidos con mucha frecuencia a la sollicitación máxima y corrientemente a sollicitaciones medias 	<b>4 carga muy pesada</b> Mecanismos de elevación sometidos regularmente a sollicitaciones en las proximidades de la sollicitación máxima. 
--	--	--	--

## Tabla de selección

Tipo	Capacidad de carga	Recorrido del gancho	Velocidad de elevación			Grupo de accionamiento	Capacidad de carga	Recorrido del gancho	Velocidad de elevación		
	t	m	m/min			FEM/ISO	t	m	m/min		
DR 3	2/1						4/1				
	1.6	12 20	12/2	18/3	1–25 *	2m / M5 **	3.2	6 10	6/1	9/1.5	0.5–12.5 *
	1.25					3m / M6 **	2.5				
	1					4m / M7 **	2				
DR 5	2/1						4/1				
	3.2	12 20 30	9/1.5	12/2	0.8–16 *	1Am / M4 **	6.3	6 10 15	4.5/0.8	6/1	0.4–8 *
	2.5		12/2	18/3	1–25 *	2m / M5 **	5		6/1	9/1.5	0.5–12.5 *
	2					3m / M6 **	4				
	1.6					4m / M7 **	3.2				
	4/2										
	3.2	9.9 16.3	9/1.5	12/2	0.8–16 *	1Am / M4 **					
	2.5		12/2	18/3	1–25 *	2m / M5 **					
	2					3m / M6 **					
	1.6					4m / M7 **					
DR 10	2/1						4/1				
	6.3	12 20 30 40	8/1.4	0.4–9 *	1–18 *	1Am / M4 **	12.5	6 10 15 20	4/0.7	0.2–4.5 *	0.5–9 *
	5		10/1.7	1–18 *	1–25 *	2m / M5 **	10		5/0.8	0.5–9 *	0.5–12.5 *
	4					3m / M6 **	8				
	3.2					4m / M7 **	6.3				
	4/2						6/1				
	6.3	5.8 11.35 18.4 25.2	8/1.4	0.4–9 *	1–18 *	1Am / M4 **					
	5		10/1.7	1–18 *	1–25 *	2m / M5 **	16	6.7 13.3	2.7/0.4	0.3–6 *	–
	4					3m / M6 **	12.5				
	3.2					4m / M7 **					
DR 20	2/1						4/1				
	12.5	24 36 54	6/1	12/2	1–16 *	1Am / M4	25	12 18 27	3/0.5 6/1	0.5–5 *	0.5–8 *
	10					2m / M5	20				
	8					3m / M6	16				
	6.3					4m / M7	12.5				
	4/2						6/1				
	12.5	12.3 21.2 33.2	6/1	12/2	1–16 *	1Am / M4	40	12 18 24.7	4/0.7	0.3–3.3 *	0.3–5.3 *
	10					2m / M5	32				
	8					3m / M6	25				
	6.3					4m / M7	20				
	8/2						8/1				
	25	10.3 16.3 23.4	3/0.5 6/1	0.5–5 *	0.5–8 *	1Am / M4	50	9 13.5 18.5	3/0.5	0.3–2.5 *	0.2–4 *
	20					2m / M5	40				
	16					3m / M6	32				
	12.5					4m / M7	25				

\* Las cargas de hasta un tercio de la carga nominal se mueven al 1,5 de la velocidad nominal (ProHub)

\*\* La vida útil del reductor es un 20 % superior a la duración a plena carga según ISO/FEM

## Hoja de planificación polipasto de cable Demag DR

**Demag Cranes & Components,  
S.A.U.**

Polígono Industrial Camporoso  
C/ Buenos Aires, s/n  
28806 Alcalá de Henares (Madrid)  
Teléfono 91 8873 600  
Fax 91 8873 620  
gruas@demagcranes.es  
www.demagcranes.es

**Envíen su oferta a**

\_\_\_\_\_  
Empresa

\_\_\_\_\_  
Apdo. correos / Dirección

\_\_\_\_\_  
C. P. / Localidad

\_\_\_\_\_  
Persona de contacto

\_\_\_\_\_  
Teléfono / Extensión

\_\_\_\_\_  
Fax

\_\_\_\_\_  
E-mail

Capacidad de carga \_\_\_\_\_ kg

Grupo FEM (en caso de conocerse) \_\_\_\_\_ FEM

**En caso de que no conozca el grupo FEM,  
le rogamos que nos indique el entorno de trabajo  
(p. ej. taller, producción, etc.)**

Tiempo de funcionamiento real del polipasto al día  
\_\_\_\_\_ horas

Altura de elevación \_\_\_\_\_ m

Velocidad de elevación \_\_\_\_\_ m/min

Elevación sin escalonamiento con convertidor ☐ Si ☐ No

**Tipo de polipasto y de carro**

Polipasto estacionario ☐ Si ☐ No

Carro monorraíl ☐ Si ☐ No

Perfil del camino de rodadura (ancho de ala) \_\_\_\_\_ mm

Carro birraíl ☐ Si ☐ No

Luz entre ejes \_\_\_\_\_ mm

**Equipo eléctrico**

Tensión de servicio \_\_\_\_\_ V \_\_\_\_\_ Hz

Opción: Telemando ☐ Si ☐ No

**Condiciones ambientales especiales**

(p. ej. uso en el interior de naves o a la intemperie, temperaturas de servicio, uso en talleres de galvanizado, etc.)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



# Rothe Erde® Grandes Rodamientos.



A ThyssenKrupp  
Technologies  
company

## Rothe Erde



ThyssenKrupp

# Con rodamientos de gran tamaño y aros de calidad al éxito mundial.

Rothe Erde es el líder mundial en la fabricación de rodamientos de gran tamaño (como son las uniones giratorias sobre bolas y sobre rodillos), y de aros laminados sin costura, hechos de acero y de metales no férricos. Por encima de ello es Rothe Erde un fabricante conocido de coronas de dirección.

Los rodamientos de gran tamaño de Rothe Erde significan desde decenas de años nivel tecnológico en todo el mundo, y son experimentados en la práctica en todos los sectores tecnológicos.

Rothe Erde produce rodamientos de gran tamaño desde 200 mm hasta unos 8.000 mm de diámetro en ejecución cerrada y dimensiones mayores en ejecución segmentada.

Los rodamientos de gran tamaño de Rothe Erde se fabrican en Alemania y en filiales en Gran Bretaña, Italia, España, los Estados Unidos, Brasil, Japón y China. En todos los países industriales, sociedades comercializadoras o representaciones propias de Rothe Erde defienden además los intereses de mercado.

La calidad es el denominador común de nuestra producción interior y exterior. Desde el asesoramiento sobre las aplicaciones, pasando por la construcción y la producción hasta el amplio servicio al cliente, están certificados todos los campos de servicio de acuerdo con DIN EN ISO 9001.

## Ejemplos de aplicación:

- Maquinaria para escombreras
- Construcción de maquinaria en general
- Antenas e instalaciones de radar
- Excavadoras
- Grúas giratorias de construcciones
- Grúas de a bordo
- Grúas móviles
- Plataformas giratorias de vehículos
- Grúas de puertos y astilleros
- Plataformas elevadoras

- Aviación y navegación espacial
- Técnica de comunicaciones
- Técnica Off-Shore
- Vehículos sobre carriles
- Instalaciones de acería
- Telescopios
- Topos perforadores
- Máquinas de embalaje y envasado
- Técnica de tratamiento de agua
- Máquinas-herramientas
- Instalaciones de energía eólica y solar



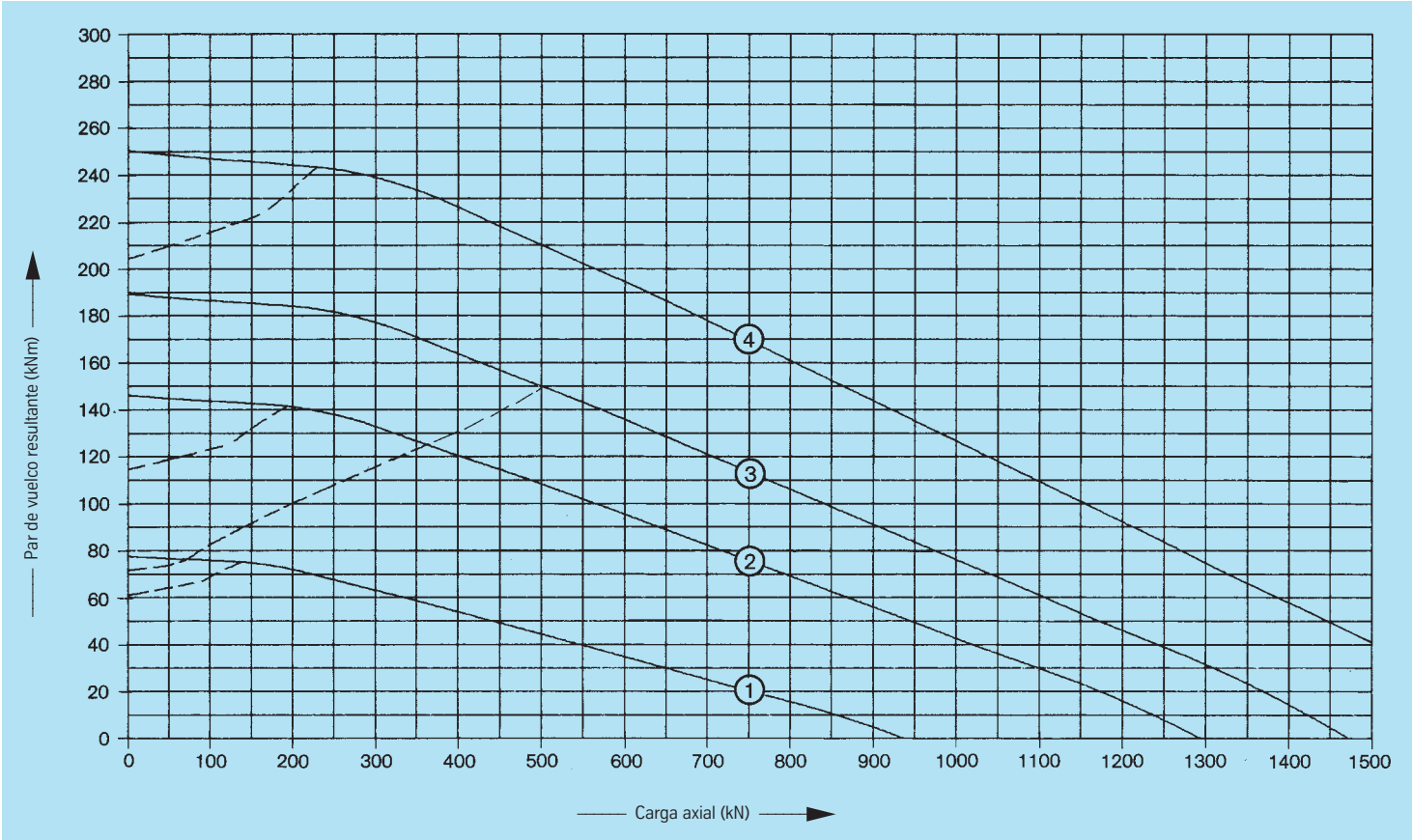
Serie KD 600



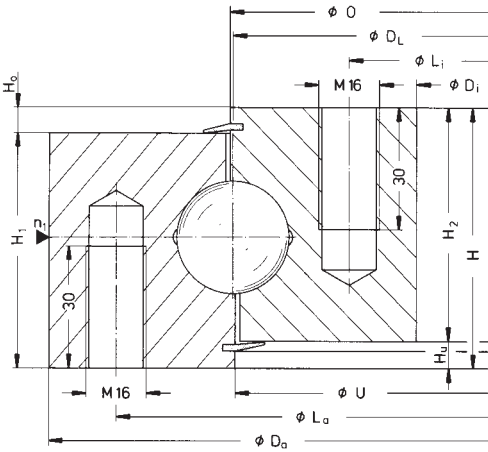
Rodamientos sin dentado

Número de plano	Peso	Diámetro exterior	Diámetro interior	Altura total	Diámetro círculo taladro exterior	Diámetro círculo taladros interior	Cantidad taladros por círculo	Diámetro del taladro	Medida del tornillo	Cantidad de engrasadores por plano	Diámetro	Diámetro	Altura del aro	Altura del aro	Separación abajo aros exterior/interior	Separación arriba aros exterior/interior	Diámetro primitivo	Módulo	Cantidad de dientes	Corrección perfil, signo s/DIN 3390, Octubre 1976	Ajuste cabeza de diente	Altura del diente	Fuerza tangencial admisible normal	Fuerza tangencial admisible máxima	Curvas
$D_L$ [mm]	[kg]	$D_a$ [mm]	$D_i$ [mm]	H [mm]	$L_a$ [mm]	$L_i$ [mm]	n	B [mm]	M [mm]	$n_1$	O [mm]	U [mm]	$H_1$ [mm]	$H_2$ [mm]	$H_o$ [mm]	$H_o$ [mm]	d [mm]	m [mm]	z	$x \cdot m$ [mm]	$k \cdot m$ [mm]	b [mm]	[kN]	[kN]	
060.22.0370.301.11.1504	35	456	289	59	425	320	16	1,5	16	4	371	369	50	50	9	9	-	-	-	-	-	-	-	-	①
060.22.0505.000.11.1503	44	585	425	58	555	455	22	17,5	16	2	506	504	49	49	9	9	-	-	-	-	-	-	-	-	②
060.22.0575.502.11.1503	52	655	500	62	625	525	12	-	16	4	576	574	49	49	13	13	-	-	-	-	-	-	-	-	③
060.22.0660.001.11.1503	59	740	580	58	710	610	30	17,5	16	2	657	659	49	49	9	9	-	-	-	-	-	-	-	-	④

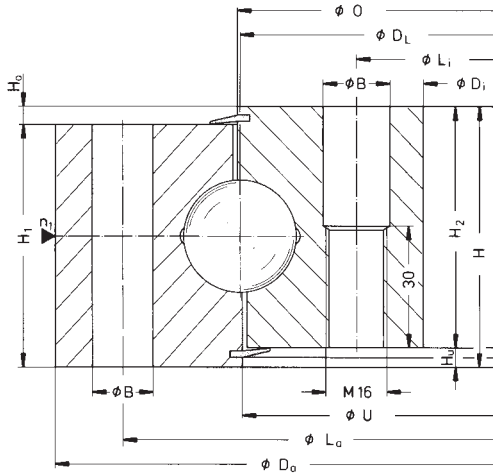
Curvas de carga límite estática ——— pista de rodadura — — — tornillos



# Serie KD 600

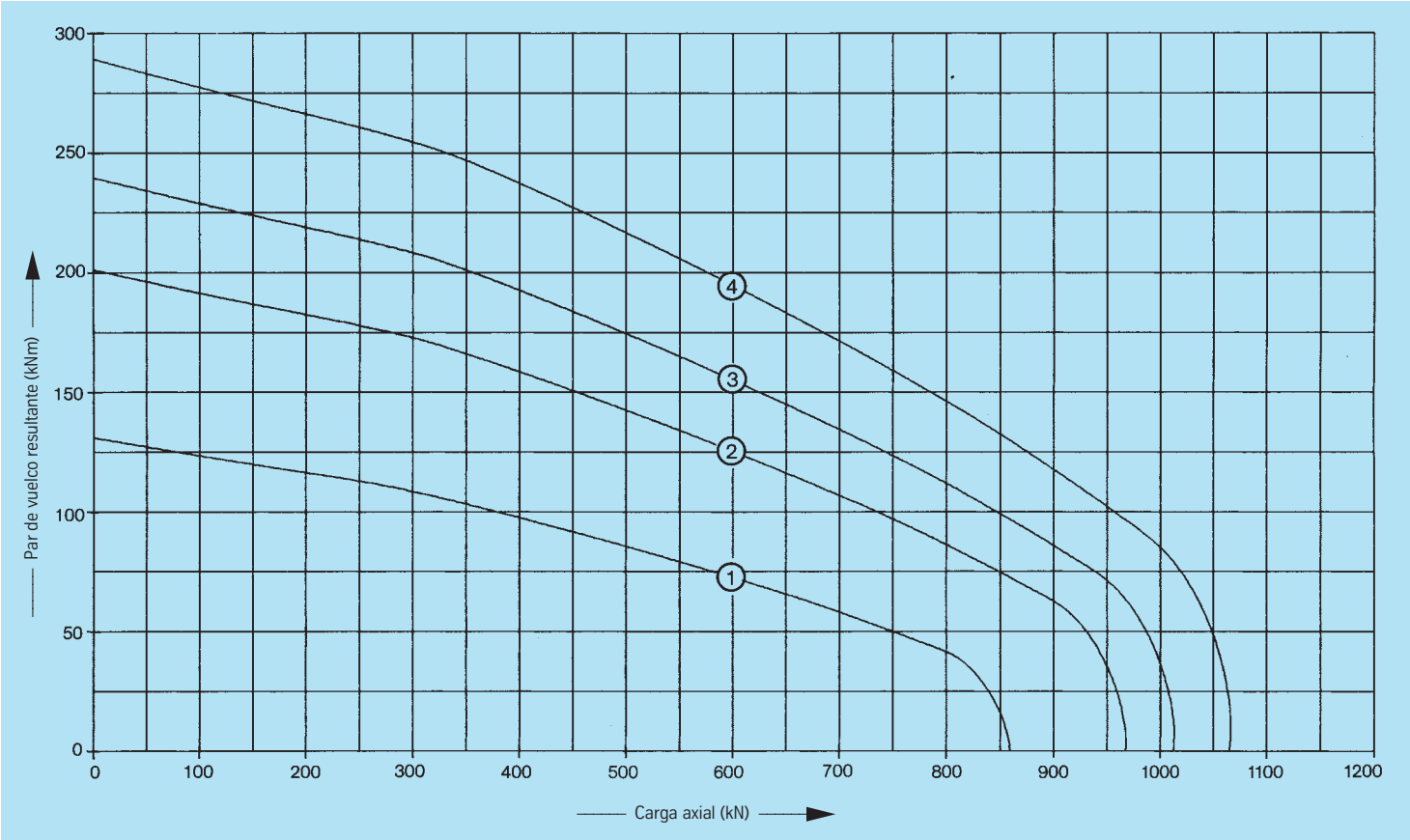


Número de plano 060.22.0575.502.11.1504

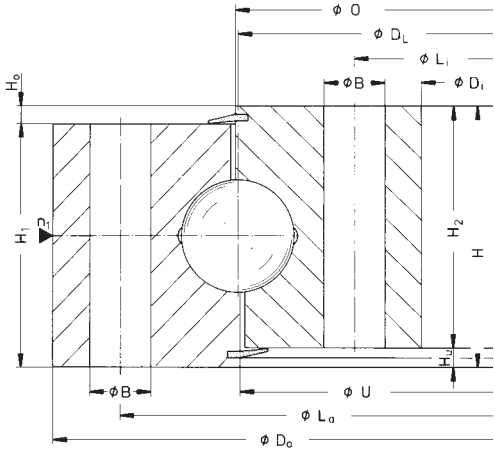


Número de plano 060.22.0370.301.11.1504  
060.22.0505.000.11.1503  
060.22.0660.001.11.1503

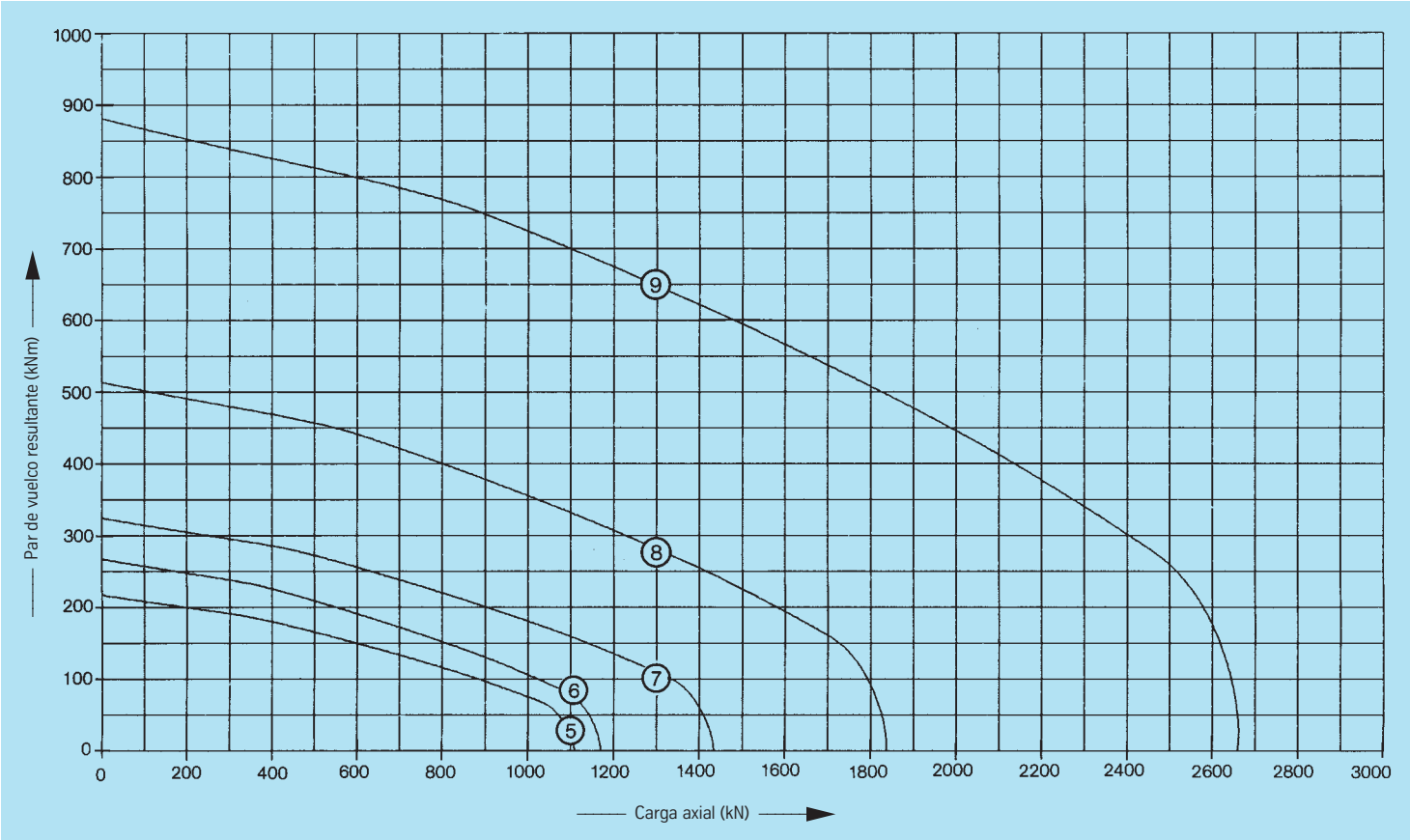
## Curvas de vida útil · 30 000 giros

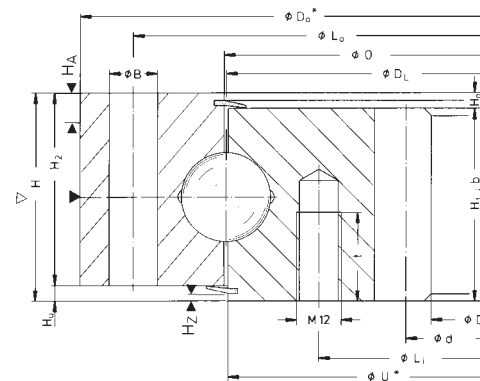
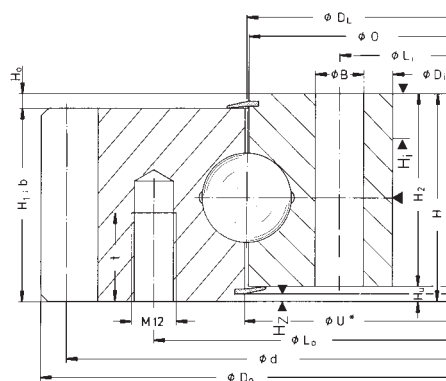
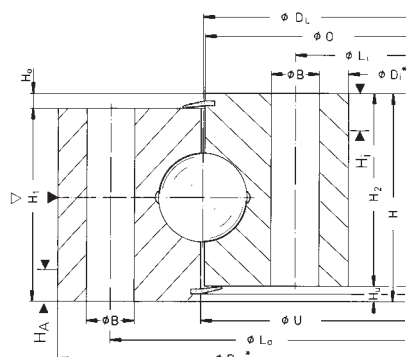


# Serie KD 600



## Curvas de vida útil · 30 000 giros





## Curvas de carga límite estática

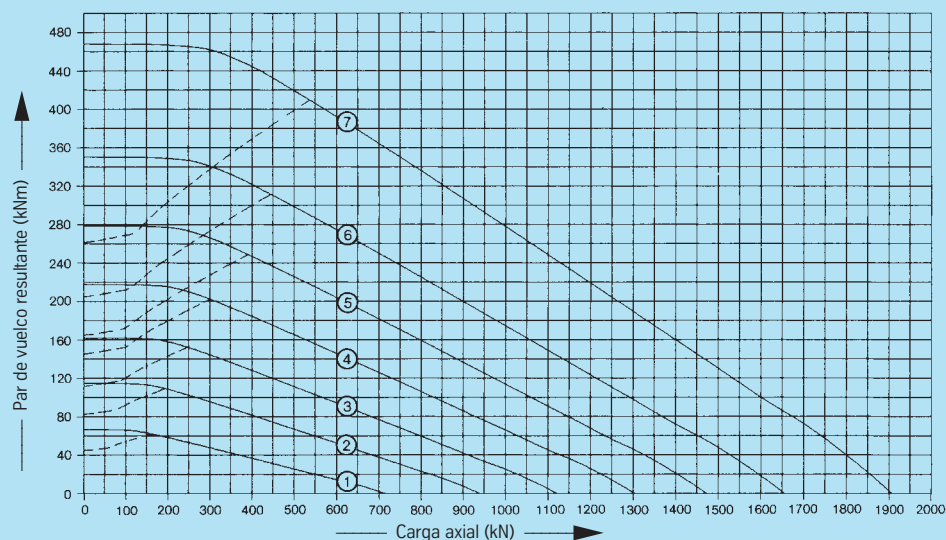
—— pista de rodadura      — — — tornillos

\* Si se desean centrages, éstos se deberán indicar necesariamente en el momento del pedido.  
Los centrages solo son posibles en los Ø nominales marcado con \*.

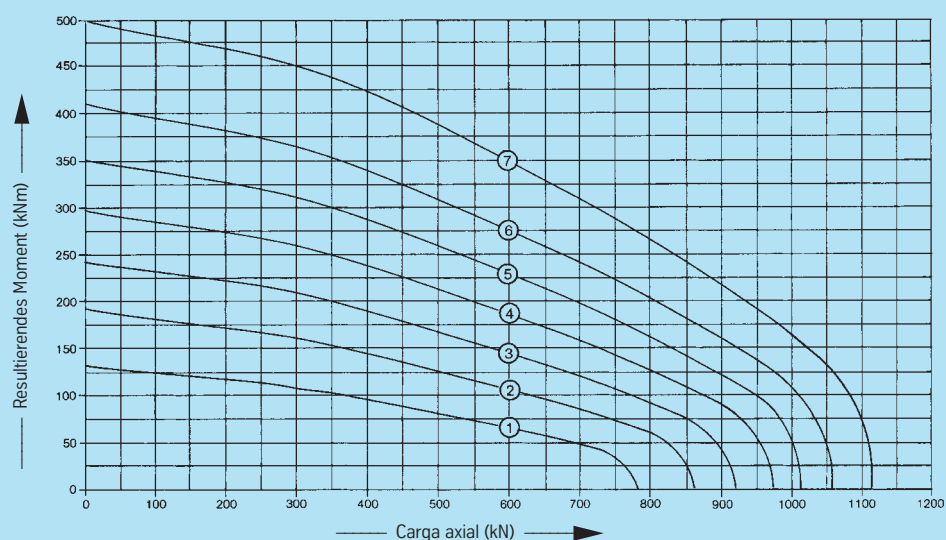
Dimensiones de estos centrajés	exterior	interior
D <sub>L</sub> 414 ..... 544	-0,5 mm	+0,5 mm
D <sub>L</sub> 644 ..... 844	-0,6 mm	+0,6 mm
D <sub>L</sub> 944 ..... 1094	-0,7 mm	+0,7 mm

Altura de centrado  $H_z = 4,5 \text{ mm}$   
 Altura de centrado  $H_{A, i} = 10 \text{ mm}$   
 Altura de centrado de la estructura de apoyo =  $(H_z - 1) \text{ ó } (H_{A, i} - 1) \text{ mm}$

- = 4 engrasadores cónicos  
 AM 10 x 1 DIN 71412  
 encajados y uniformemente distribuidos  
 ▷ = Tapón de llenado



## Curvas de vida útil · 30 000 giros



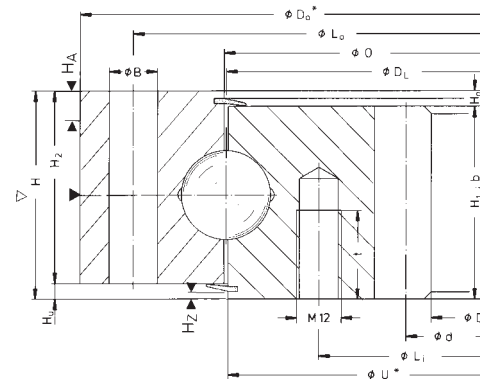
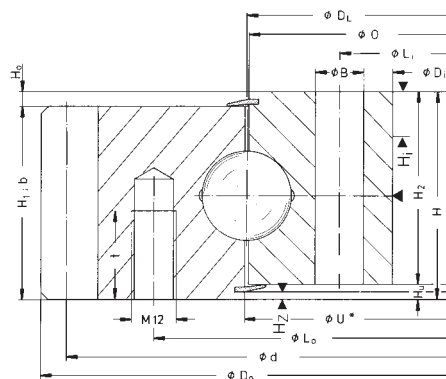
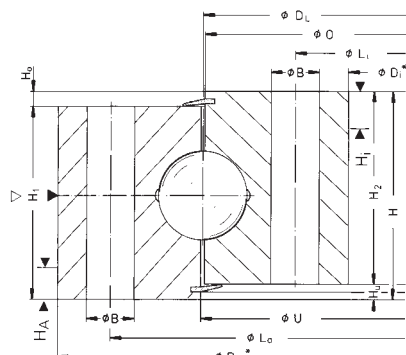


# Serie KD 600

## Rodamientos de precisión del tipo 621



Rothe Erde  
Grandes Rodamientos

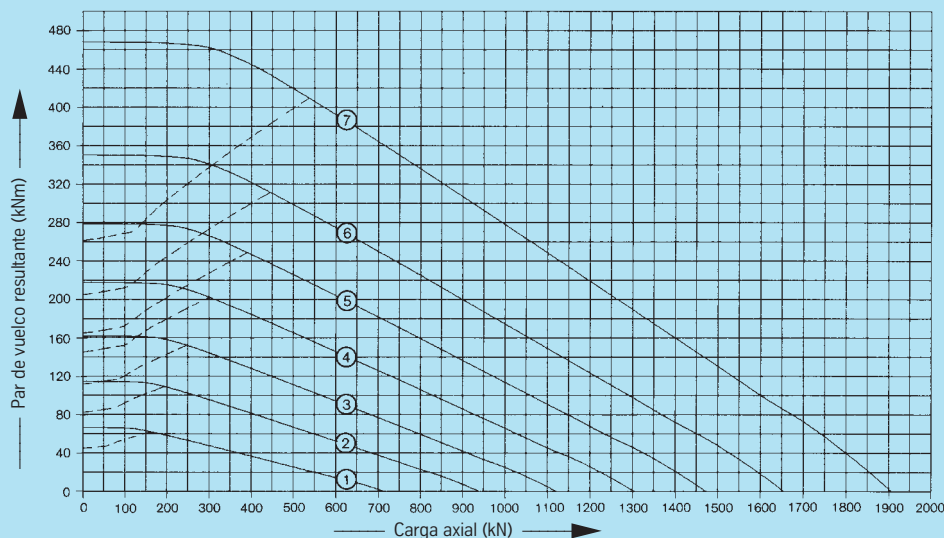


### Curvas de carga límite estática

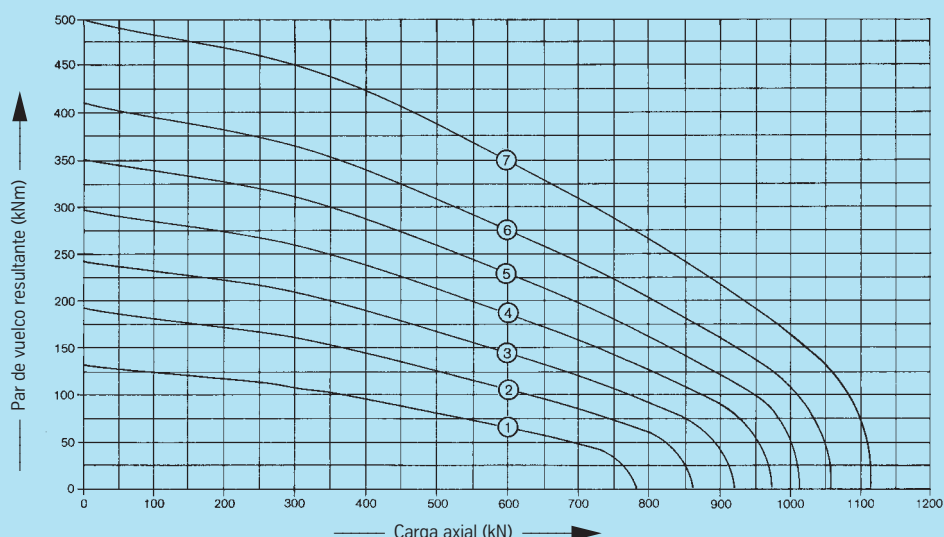
— pista de rodadura — — — tornillos

Altura de centrado  $H_Z = 4,5 \text{ mm}$   
Altura de centrado  $H_{A_i} = 10 \text{ mm}$   
Altura de centrado de la estructura de apoyo =  $(H_Z - 1)$  ó  $(H_{A_i} - 1) \text{ mm}$

► = 4 engrasadores cónicos  
AM 10 x 1 DIN 71 412  
encajados y uniformemente distribuidos  
▽ = Tapón de llenado



### Curvas de vida útil · 30 000 giros

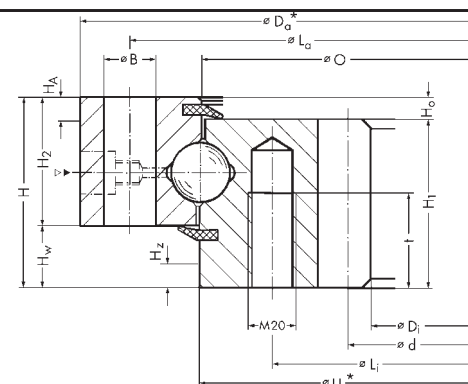
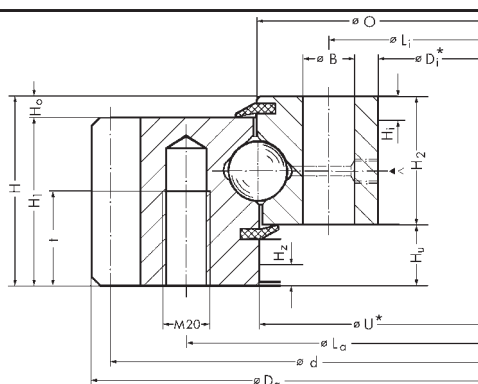
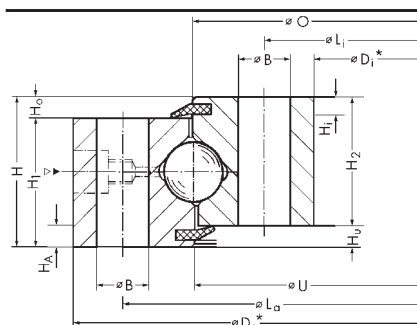


# Serie KD 600

## Rodamientos normalizados del tipo 625



Rothe Erde  
Grandes Rodamientos



- $n_1$  = Engrasadores cónicos  
AM 10 x 1 DIN 71412  
encajados y uniformemente distribuidos
- ▷ = Tapón de llenado y cierre

\* Si se desean centrajes, éstos se deberán indicar necesariamente en el momento del pedido.  
Los centrajes solo son posibles en los  $\varnothing$  nominales marcado con \*.

Altura del centrage  $H_1 = 10 \text{ mm}$   
 $H_A = 10 \text{ mm}$   
 $H_Z = 10 \text{ mm}$

Altura del centrage en la estructura de apoyo  
=  $H_1 - 1 \text{ mm}$   
=  $H_A - 1 \text{ mm}$   
=  $H_Z - 1 \text{ mm}$

### Rodamientos sin dentado

centraje	
$D_a$ [mm]	$D_i$ [mm]
953 -0,23	757 +0,23
1053 -0,26	857 +0,23
1153 -0,26	957 +0,23
1253 -0,31	1057 +0,26
1353 -0,31	1157 +0,26
1453 -0,31	1257 +0,26
1553 -0,31	1357 +0,26

### Rodamientos con dentado exterior

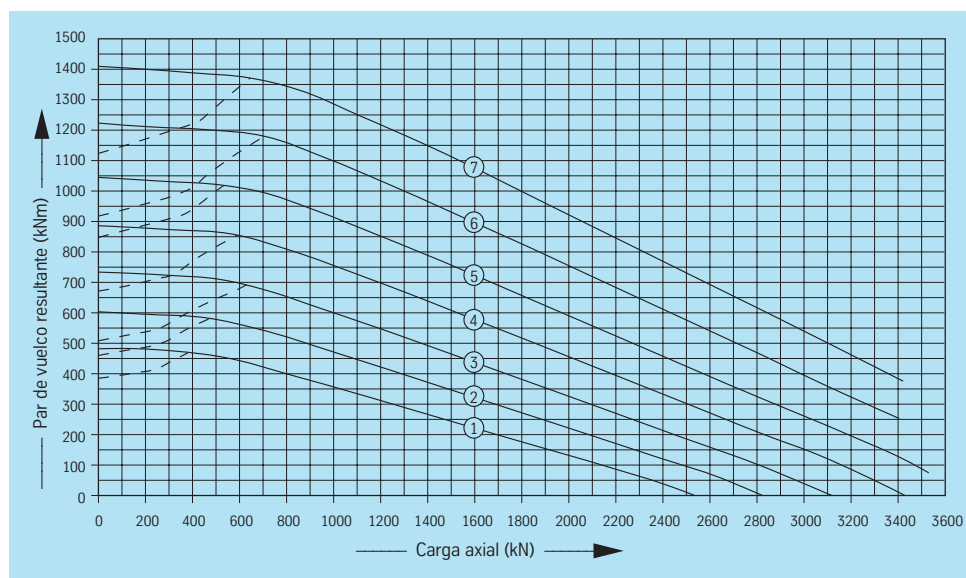
centraje	
$D_i$ [mm]	$U$ [mm]
757 +0,23	855 +0,23
857 +0,23	955 +0,23
957 +0,23	1055 +0,26
1057 +0,26	1155 +0,26
1157 +0,26	1255 +0,31
1257 +0,26	1355 +0,31
1357 +0,26	1455 +0,31

### Rodamientos con dentado interior

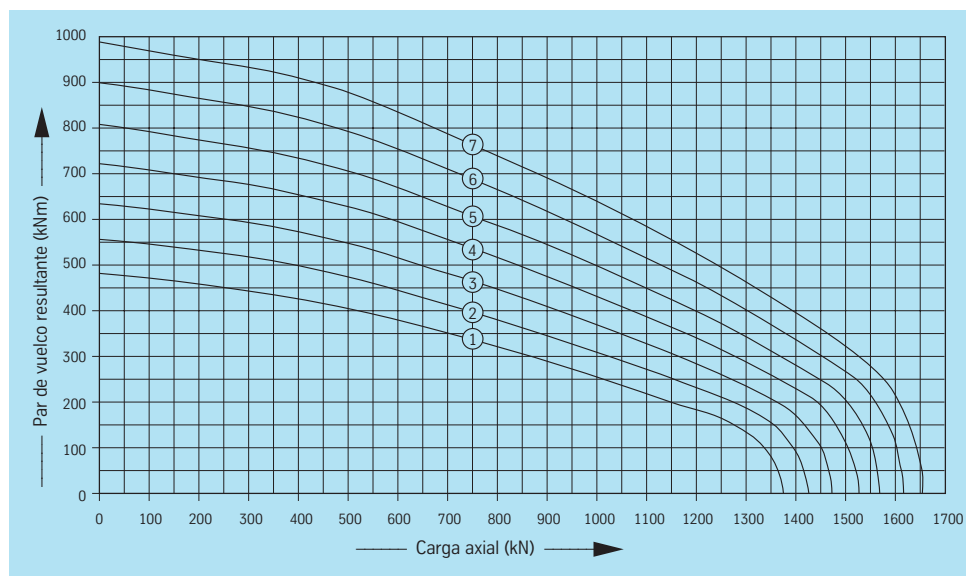
centraje	
$D_a$ [mm]	$U$ [mm]
953 -0,23	855 -0,23
1053 -0,26	955 -0,23
1153 -0,26	1055 -0,26
1253 -0,31	1155 -0,26
1353 -0,31	1255 -0,31
1453 -0,31	1355 -0,31
1553 -0,31	1455 -0,31

## Curvas de carga límite estática

— pista de rodadura — — — tornillos



## Curvas de vida útil · 30 000 giros







# INFORMAZIONI GENERALI GENERAL INFORMATION ALLGEMEINE INFORMATIONEN INFORMATIONS GENERALES

Paragrafo Chapter Abschnitt Paragraphe	Descrizione	Description	Beschreibung	Description	Pagina Page Seite Page
1.0	Caratteristiche	Specifications	Konstruktions-Merkmale	Caractéristiques	2
2.0	Forme costruttive	Versions	Bauformen	Formes de construction	4
3.0	Simbologia e unità di misura	Symbols and units of measure	Symbole und Maßeinheiten	Symboles et unités de mesure	6
4.0	Coppia in uscita	Output torque	Abtriebsmoment	Couple en sortie	8
5.0	Potenza	Power	Leistung	Puissance	8
6.0	Potenza termica	Thermal capacity	Termische Grenzleistung	Puissance thermique	9
7.0	Rendimento	Efficiency	Wirkungsgrad	Rendement	10
8.0	Rapporto di riduzione	Gear ratio	Übersetzung	Rapport de réduction	10
9.0	Velocità	Operating speed	Drehzahl	Vitesse angulaire	10
10.0	Fattore di servizio	Service factor	Betriebsfaktor	Facteur de service	11
11.0	Fattore di sicurezza	Safety factor	Sicherheitsfaktor	Facteur de sécurité	11
12.0	Selezione prodotto	Product selection	AntriebsAuswahl	Sélection	11
13.0	Verifiche	Verifications	Prüfungen	Vérifications	15
14.0	Scelta del motore	Selecting the motor	Wahl des Motors	Choix du moteur	18
15.0	Installazione	Installation	Installation	Installation	18
16.0	Manutenzione	Maintenance	Wartung	Entretien	20
17.0	Stoccaggio	Storage	Lagerung	Stockage	21
18.0	Condizioni di fornitura	Supply conditions	Lieferbedingungen	Conditions de livraison	21

## RIDUTTORI EPICICLOIDALI MODULARI SERIE 300 SERIES 300 MODULAR PLANETARY GEARBOXES PLANETENGETRIEBEN DER SERIE 300 REDUCTEURS EPICYCLOIDAL MODULAIRE SERIE 300

19.0	Designazione	Designation	Bezeichnung	Désignation	22
20.0	Posizioni di montaggio	Mounting positions	Montagepositionen	Positions de vile	29
21.0	Lubrificazione	Lubrication	Schmierung	Lubrification	33
22.0	Dati tecnici motoriduttori 300 L - R	300 L - R gearmotor rating charts	300 L - R technischen daten der getriebemotoren	Donnees techniques motoréducteurs 300 L - R	41
23.0	Dati tecnici riduttori 300 L	Rating charts for in-line units 300 L	Technischen datenN der getriebe 300 L	Donnees techniques réducteurs 300 L	93
24.0	Dati tecnici riduttori angolari 300 R	Rating charts for right-angle units 300 R	Technischen daten der getriebe 300 R	Donnees techniques réducteurs 300 R	125
25.0	Dati tecnici motoriduttori 3/V - 3/A	Gearmotor rating charts 3/V - 3/A	Technischen daten der getriebemotoren 3/V - 3/A	Donnees techniques motoréducteurs 3/V - 3/A	149
26.0	Dati tecnici riduttori 3/V	Gearbox rating charts 3/V	Technischen daten der getriebe 3/V	Donnees techniques réducteurs 3/V	175
27.0	Dati tecnici riduttori 3/A	Gearbox rating charts 3/A	Technischen daten der getriebe 3/A	Donnees techniques réducteurs 3/A	183
28.0	Dimensioni	Dimensions	Abmessungen	Dimensions	187
29.0	Sistemi ausiliari di raffreddamento	Supplementary cooling systems	Hilfskölssysteme	Systemes auxiliaires de refroidissement	334

## MOTORI ELETTRICI ELECTRIC MOTORS ELEKTROMOTOREN MOTEURS ELECTRIQUES

M1	Simbologia e unità di misura	Symbols and units of measure	Verwendete Symbole und Einheiten	Symboles et unités de mesure	336
M2	Caratteristiche generali	General characteristics	Allgemeine Eigenschaften	Caractéristiques générales	337
M3	Caratteristiche meccaniche	Mechanical characteristics	Mechanische Eigenschaften	Caractéristiques mécaniques	339
M4	Caratteristiche elettriche	Electrical characteristics	Elektrische Eigenschaften	Caractéristiques électriques	344
M5	Motori asincroni autofrenanti	Asynchronous brake motors	Bremsmotoren	Moteurs asynchrones freins	351
M6	Motori autofrenanti in c.c., tipo BN_FD	DC brake motors type BN_FD	Drehstrom-Bremsmotoren mit Gleichstrombremse: typ BN_FD	Moteurs frein en c.c. type BN_FD	352
M7	Motori autofrenanti in c.a., tipo BN_FA	AC brake motors type BN_FA	Wechselstrombremsmotoren: typ BN_FA	Moteurs frein en c.a. type BN_FA	357
M8	Motori autofrenanti in c.a., tipo BN_BA	AC brake motors type BN_BA	Drehstrom-Bremsmotoren mit Wechselstrombremse: typ BN_BA	Moteurs frein en c.a. type BN_BA	361
M9	Sistemi di sblocco freno	Brake release systems	Brenslüfthebel	Systemes de déblocage frein	365
M10	Esecuzioni speciali	Special executions	Sonderausführungen	Executions speciales	367
M11	Dati tecnici motori	Motor rating charts	Motorenauswahl-tabellen	Données techniques des moteurs	374
M12	Dimensioni	Dimensions	Abmessungen	Dimensions	390

Revisioni  
L'indice di revisione del catalogo è riportato a pag. 402.  
Al sito [www.bonfiglioli.com](http://www.bonfiglioli.com) sono disponibili i cataloghi con le revisioni aggiornate.

Revisions  
Refer to page 402 for the catalogue revision index.  
Visit [www.bonfiglioli.com](http://www.bonfiglioli.com) to search for catalogues with up-to-date revisions.

Änderungen  
Das Revisionsverzeichnis des Katalogs wird auf Seite 402 wiedergegeben. Auf unserer Website [www.bonfiglioli.com](http://www.bonfiglioli.com) werden die Kataloge in ihrer letzten, überarbeiteten Version angeboten.

Révisions  
Le sommaire de révision du catalogue est indiqué à la page 402.  
Sur le site [www.bonfiglioli.com](http://www.bonfiglioli.com) des catalogues avec les dernières révisions sont disponibles.



## 1.0 - CARATTERISTICHE

La serie 300 è una gamma di riduttori epicicloidali multimpiego.

Caratteristiche salienti sono:

- 16 grandezze di costruzione modulare
- configurazione:
  - in linea, da 1 a 4 stadi di riduzione
  - angolare (primo stadio con coppia conica Gleason) da 2 a 4 stadi
- combinazioni con:
  - riduttori a vite senza fine
  - riduttori ad assi ortogonali
- esecuzioni per montaggio con flangia, con piede, pendolare
- alberi lenti: con linguetta, scanalati, scanalati femmina, cavi per montaggio tramite giunto calettatore
- predisposizioni motore per:
  - motori elettrici normalizzati IEC
  - motori compatti per le esecuzioni in linea fino alla grandezza 307
- albero cilindrico in entrata
- motoriduttori
- accessori per albero lento:
  - flangie
  - pignoni
  - barre scanalate
  - giunti ad attrito

## 1.0 - SPECIFICATIONS

The 300 series consists of a range of multi-purpose planetary gearboxes.

Key features are:

- 16 frame sizes of modular design
- versions:
  - in-line with 1 to 4 reductions
  - right angle (spiral bevel gear set into first stage) with 2 to 4 reductions
- combinations with:
  - worm gear units
  - bevel-helical gear units
- flange, foot and shaft mounting arrangements
- keyed output shaft, splined male shaft, splined hollow shaft, hollow shaft with shrink disc
- input adaptors for:
  - IEC-normalised electric motors
  - integral motor for in-line units up to size 307 and for units combined with bevel helical and worm gears
- parallel input shafts
- gearmotors
- mounting accessories:
  - flanges
  - pinions
  - splined bars
  - shrink discs

## 1.0 - KONSTRUKTIONS-MERKMALE

Die Serie 300 ist eine Reihe an vielseitig einsetzbaren Planetengetrieben.

Ihre Grundmerkmale sind:

- 16 Baugrößen Modularbauweise
- Ausführung:
  - In Reihenordnung mit 1 bis 4 Stufen
  - auf Winkel (erste Stufe mit Kegelradpaarung realisiert) In Winkelordnung (erste Stufe mit Kegelradpaar) mit 2 bis 4 Stufen
- Kombiniert mit:
  - Schneckengetrieben
  - Kegelradgetrieben
- Abtriebsversionen für Montage mit Flansch, mit Fuß, in Aufsteckversion
- Abtriebswellen: mit Passfeder, Vielkeil, Vielkeilhohlwelle, zylindrischer Hohlwelle für Schrumpfscheibenmontage
- Vorbereitet für:
  - Elektromotoren, gemäß IEC Form B5
  - kompakte Elektromotoren für Reihenordnung bis zur Größe 307 und für mit Kegelradgetrieben kombinierte Ausführungen
- Schnelle Wellen am Antrieb
- Getriebemotoren
- Zubehör für Abtriebswellen:
  - Flanschen
  - Ritzel
  - Keilstäbe
  - Schrumpfscheiben

## 1.0 - CARACTERISTIQUES

La série 300 est une gamme de réducteurs épicycloïdaux polyvalents.

Ses principales caractéristiques sont :



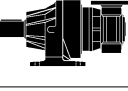

- 16 tailles de construction modulaire
- exécutions:
  - en ligne de 1 à 4 étages de réduction
  - angulaire (premier étage réalisé avec un couple conique Gleason) de 2 à 4 étages de réduction
- Associés à :
  - réducteurs à vis sans fin
  - réducteurs à axes orthogonaux
- versions pour assemblage par bride, à pattes, ou pendulaire
- arbres de sortie clavetés; mâles cannelés; femelles cannelés; creux cylindriques pour assemblage avec frette de serrage
- prédispositions d'entrée pour:
  - moteurs électriques, selon CEI
  - moteurs électriques compacts pour les exécutions en ligne jusqu'à la taille 307
- arbres rapides d'entrée
- motoréducteurs
- accessoires pour arbre de sortie:
  - brides
  - pignons
  - barres cannelées
  - frettes de serrage

## ESECUZIONI

## CONFIGURATIONS

## AUSFÜHRUNGEN

## EXECUTIONS

Esecuzione / Configuration Ausführung / Execution	Potenza Power Leistung Puissance	Coppia Torque Drehmomente Couple	Rapporti Ratios Überseztungen Rapports	Rendimento Efficiency Wirkungsgrad Rendement	Rumorosità Noise level Geräuschpegel Niveau de bruit
 In linea In line Linear Coaxiale	$0.25 \leq P_n \text{ [kW]} \leq 20$	$M_n \leq 520000 \text{ Nm}$	$3.4 \leq i \leq 290$	Elevato High Hoch Elevé	Media Medium Mittel Moyen
 Angolare Right-angle Rechtwinklig A renvoi d'angle	$0.25 \leq P_n \text{ [kW]} \leq 7$	$M_n \leq 400000 \text{ Nm}$	$7 \leq i \leq 95$	Elevato High Hoch Elevé	Media Medium Mittel Moyen
 Combinato con riduttore vite senza fine Combined with worm gear unit Kombiniert mit Schneckengetriebe Combinée avec réducteur à vis sans fin	$0.12 \leq P_n \text{ [kW]} \leq 7$	$M_n \leq 520000 \text{ Nm}$	$370 \leq i \leq 5150$	Media Medium Mittel Moyen	Bassa Low Niedrig Faible
 Combinato con riduttore ad assi ortogonali Combined with helical bevel gear unit Kombiniert mit Kegelradgetriebe Combinée avec réducteur à axes orthogonaux	$0.12 \leq P_n \text{ [kW]} \leq 3$	$M_n \leq 11100 \text{ Nm}$	$19 \leq i \leq 73$	Elevato High Hoch Elevé	Bassa Low Niedrig Faible



Altre caratteristiche costruttive sono:	<i>More design features:</i>	Andere Konstruktionsmerkmale lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:	<i>D'autres caractéristiques de construction sont :</i>
– elevata densità di coppia	– <i>high torque density</i>	– hohes übertragbares Drehmoment/ Verhältnis zu den Aussenmaßen	– <i>apport de couple transmissible/dimensions d'encombrement, élevé</i>
– elevata supportazione radiale e assiale grazie all'utilizzo, sulle versioni H e P, di cuscinetti a rulli conici	– <i>high overhung and axial load capacity due to heavy duty tapered roller bearings featured on H and P versions</i>	– hohe Belastungskapazität für Radial- und Axialkräfte an den Abtriebswellen, dank des Einsatzes von Kegelrollenlager bei den Versionen H und P.	– <i>capacité élevée à supporter les charges radiales et axiales, grâce à l'utilisation, sur les versions H et P, de roulements à rouleaux coniques</i>
– rendimento elevato	– <i>high efficiency</i>	– hohe Wirkungsgrade	– <i>rendement élevé</i>
– collegamenti fra gli organi interni tramite profili scanalati, non tramite linguette	– <i>inner parts are coupled through splined connections rather than keys</i>	– Verbindungen zwischen den inneren Organen mittels Nutprofilen, es werden keine Passfedern verwendet	– <i>raccordements entre les organes intérieurs par le biais de profils cannelés, et non pas de clavettes</i>
– stadi di riduzione con porta-planetari flottanti per la ottimale ripartizione dei carichi fra gli ingranaggi planetari	– <i>planetary gears mounted onto self-centering carriers to ensure the most even load distribution among planetary gears</i>	– Untersetzungsstufen mit schwimmenden Planetenradträgern zur Belastungsverteilung auf die Planetenräder	– <i>étages de réduction avec porte-planétaires flottants pour obtenir une meilleure répartition des charges dans le train d'engrenages épicycloïdaux</i>
– carcasse in ghisa sferoidale.	– <i>housing from ductile cast iron.</i>	– Gehäuse aus Sphäroguss.	– <i>carter en fonte G.S.</i>



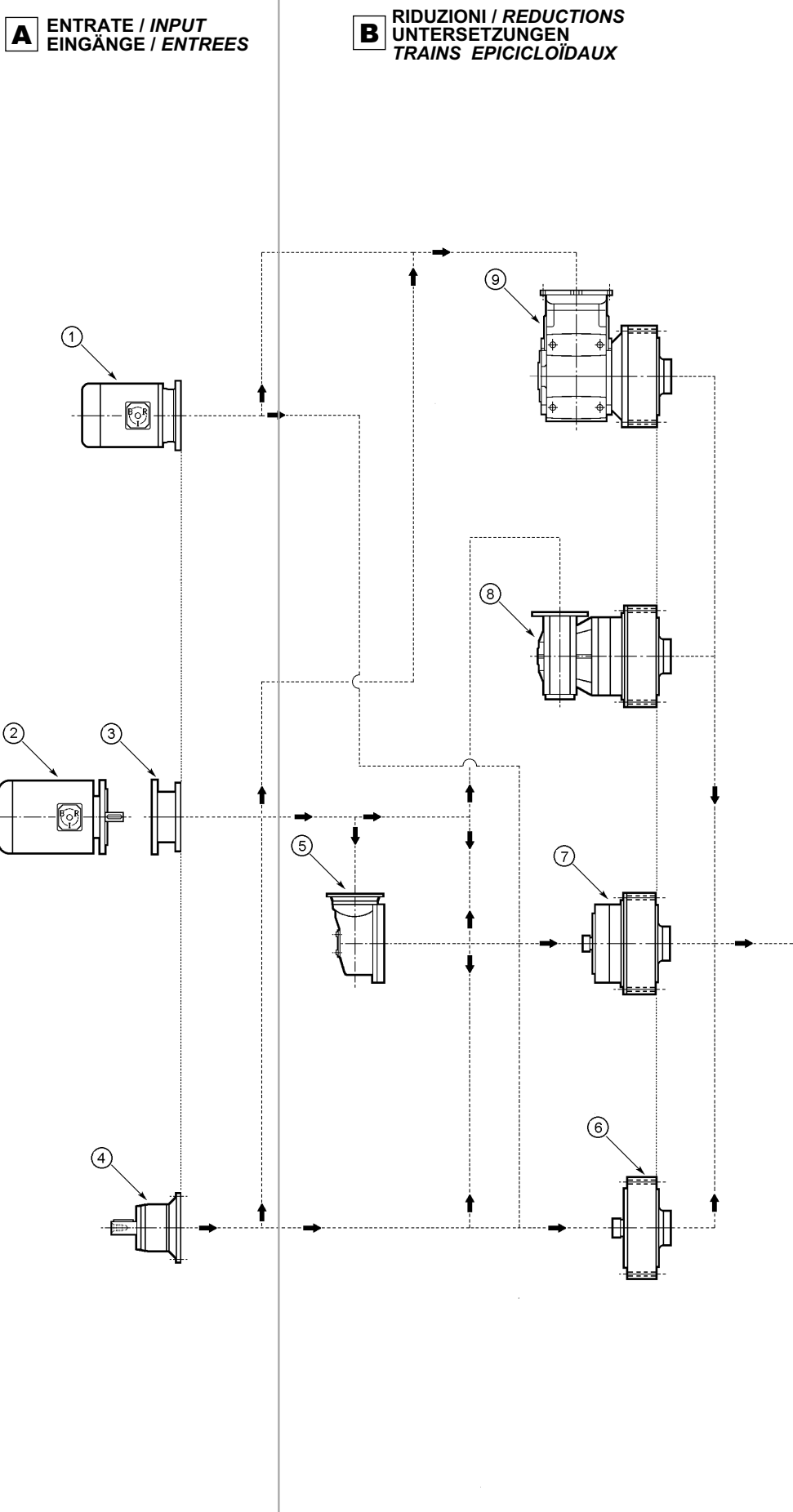
## 2.0 - FORME COSTRUTTIVE

## 2.0 - VERSIONS

## 2.0 - BAUFORMEN

## 2.0 - FORMES DE CONSTRUCTION

- A** 1 Motore elettrico compatto  
2 Motore elettrico IEC  
3 Predisposizione motore elettrico  
4 Albero veloce
- B** 5 Stadio riduzione angolare  
6 Uno stadio di riduzione epicicloidale  
7 Due o più stadi di riduzione epicicloidale  
8 Stadio di riduzione epicicloidale combinato con riduttore a vite senza fine  
9 Stadio di riduzione epicicloidale combinato con riduttore ad assi ortogonali
- C** 10 **MC/MZ** - Uscita albero maschio cilindrico o scanalato  
11 **HC/HZ** - Uscita rinforzata albero maschio cilindrico o scanalato  
12 **PC/PZ** - Uscita con piede di supporto ed albero maschio cilindrico o scanalato
- D** 13 **FZ** - Uscita albero femmina scanalato  
14 **FP** - Uscita albero femmina per giunto ad attrito  
15 **HC** - Uscita albero maschio cilindrico  
16 **HZ** - Uscita albero maschio scanalato  
17 **FZ** - Uscita albero femmina scanalato  
18 **FP** - Uscita albero femmina per giunto ad attrito  
19 **PC** - Piede di supporto  
20 **VK** - Uscita rinforzata con albero cilindrico per agitatori / miscelatori
- 21 **W0A** - Flangia  
22 **P** - Pignone  
23 **M0A** - Manicotto liscio  
24 Fondello d'arresto  
25 **B0A** - Barra scanalata  
26 **G0A** - Giunto ad attrito
- A** 1 Compact electric motor  
2 IEC electric motor  
3 Adapter for electric motor  
4 Solid input shaft
- B** 5 Right-angle reduction stage  
6 Single planetary reduction stage  
7 Two or more planetary reduction stages  
8 Planetary reduction combined with worm gear unit  
9 Planetary reduction stage combined with helical bevel gear unit
- C** 10 **MC/MZ** - Keyed or splined solid shaft output  
11 **HC/HZ** - Keyed or splined heavy duty solid output shaft  
12 **PC/PZ** - Output with support bracket and keyed or splined solid shaft
- D** 13 **FZ** - Splined hollow output shaft  
14 **FP** - Hollow output shaft for shrink disc  
15 **HC** - Parallel solid output shaft  
16 **HZ** - Splined solid output shaft  
17 **FZ** - Splined hollow output shaft  
18 **FP** - Hollow output shaft for shrink disc  
19 **PC** - Foot mount  
20 **VK** - Reinforced output with parallel shaft for stirrers and mixers
- 21 **W0A** - Flange  
22 **P** - Pinion  
23 **M0A** - Sleeve coupling  
24 End plate  
25 **B0A** - Splined bar  
26 **G0A** - Shrink disc
- A** 1 Kompakter Elektromotor  
2 IEC-Elektromotor  
3 Vorbereitung für Elektromotor  
4 Antriebswelle
- B** 5 Winkelübersetzungsstufe  
6 Eine Planetenübersetzungsstufe  
7 Zwei oder mehr Planetenübersetzungsstufen  
8 Planetenübersetzungsstufe kombiniert mit Schneckengetriebe  
9 Planetenübersetzungsstufe kombiniert mit Kegelradgetriebe
- C** 10 **MC/MZ** - Abtrieb an Einsteckwelle oder Keilwelle  
11 **HC/HZ** - Abtrieb an Einsteckwelle oder Verstärkter Abtrieb  
12 **PC/PZ** - Abtrieb mit Stützfuß und Einsteckwelle oder Keilwelle
- D** 13 **FZ** - Abtrieb mit Keilaufsteckwelle  
14 **FP** - Abtrieb mit Aufsteckwelle für Schrumpfscheibe  
15 **HC** - Abtrieb mit zylindrischer Einsteckwelle  
16 **HZ** - Abtrieb mit Keileinsteckwelle  
17 **FZ** - Abtrieb mit Keilaufsteckwelle  
18 **FP** - Abtrieb mit Aufsteckwelle für Schrumpfscheibe  
19 **PC** - Stützfuß  
20 **VK** - Verstärkter Abtrieb mit zylindrischer Welle für Rührwerke und Mischer
- 21 **W0A** - Flansch  
22 **P** - Ritzel  
23 **M0A** - Nabe  
24 Bodenklammerscheibe  
25 **B0A** - Keilvollwelle  
26 **G0A** - Schrumpfscheibe



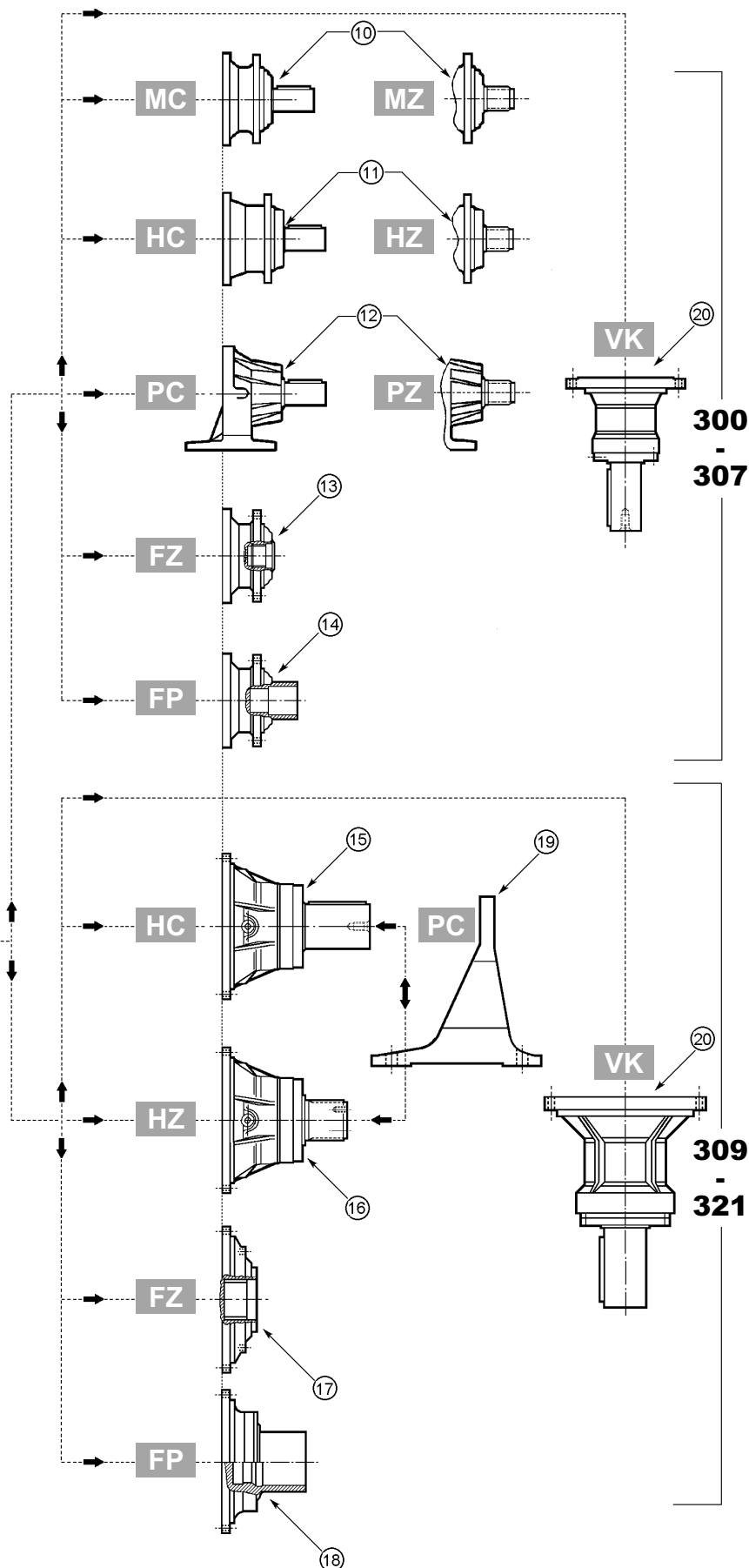
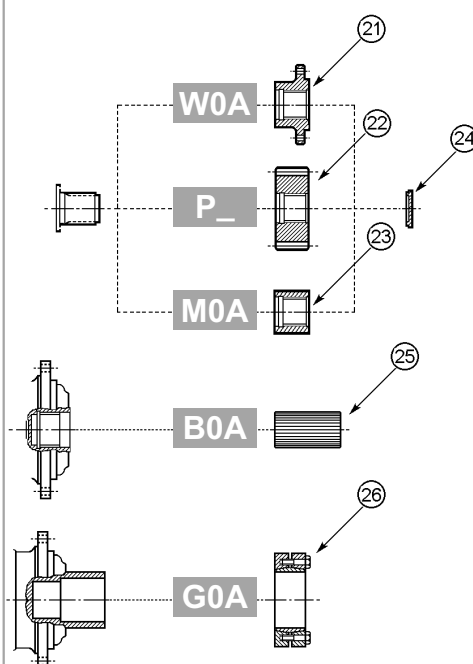


## 2.0 - FORME COSTRUTTIVE

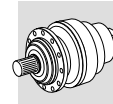
## 2.0 - VERSIONS

## 2.0 - BAUFORMEN

## 2.0 - FORMES DE CONSTRUCTION




**C** USCITE / OUTPUT  
ABTRIEB / SORTIES**D** ACCESSORI / FITTINGS  
ZUBEHÖR / ACCESSOIRES

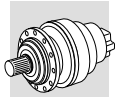
- A** 1 Moteur électrique compact  
2 Moteur électrique IEC  
3 Prédiposition moteur électrique  
4 Arbre rapide
- B** 5 Etage de réduction angulaire  
6 Un étage de réduction épicycloïdal  
7 Deux ou plusieurs étages de réduction épicycloïdaux  
8 Etage de réduction épicycloïdal combiné avec réducteur à vis sans fin  
9 Etage de réduction épicycloïdal combiné avec réducteur à axes orthogonaux
- C** 10 MC/MZ - Sortie arbre mâle cylindrique ou cannelé  
11 HC/HZ - Sortie renforcés arbre mâle cylindrique ou cannelé  
12 PC/PZ - Sortie avec pied de support et arbre mâle cylindrique ou cannelé  
13 FZ - Sortie arbre femelle cannelé  
14 FP - Sortie arbre femelle joint à frottement  
15 HC - Sortie arbre mâle cylindrique  
16 HZ - Sortie arbre mâle cannelé  
17 FZ - Sortie arbre femelle cannelé  
18 FP - Sortie arbre femelle joint à frottement  
19 PC - Patte de support  
20 VK - Sortie renforcée avec arbre cylindrique pour agitateurs et mélangeurs
- D** 21 W0A - Bride  
22 P - Pignon  
23 M0A - Manchon lisse  
24 Fond de butée  
25 B0A - Barre cannelée  
26 G0A - Joint à frottement



# 315 L

# 100000 Nm

n <sub>1</sub> min <sup>-1</sup>		i	n <sub>2</sub> min <sup>-1</sup>	M <sub>n2</sub> Nm	P <sub>n1</sub> kW	Pt kW	IEC 	Rn <sub>2</sub> [N]					
								MC	MZ	HC/PC	HZ/PZ	FZ	
<b>1400</b>	315 L3	57.4	24.4	35700	100	30	180-200-225	—	—	79000	93200	31000	284
	315 L3	68.5	20.4	42600	100	30	180-200-225	—	—	83300	98300	32900	284
	315 L3	87.9	15.9	54700	100	30	180-200-225	—	—	89800	105900	35800	284
	315 L3	104	13.4	64900	100	30	180-200-225	—	—	94500	111500	37900	284
	315 L3	134	10.5	70100	84	30	180-200-225	—	—	101900	120200	41200	284
	315 L3	159	8.8	73800	75	30	180-200-225	—	—	107200	126500	43600	284
	315 L3	172	8.2	73500	69	30	180-200-225	—	—	109800	129500	44700	284
	315 L3	204	6.9	77400	61	30	180-200-225	—	—	115600	136300	47300	284
	315 L3	242	5.8	65000	43	30	180-200-225	—	—	121700	143500	50100	284
	315 L4	291	4.8	88500	50	18.0	132-160-180	—	—	128600	151700	53300	284
	315 L4	356	3.9	94000	44	18.0	132-160-180	—	—	136600	161100	57000	284
	315 L4	424	3.3	96000	37	18.0	132-160-180	—	—	144000	169900	60500	284
	315 L4	469	3.0	96700	34	18.0	132-160-180	—	—	148300	175000	62500	284
	315 L4	513	2.7	97400	31	18.0	132-160-180	—	—	152500	179900	64400	284
	315 L4	569	2.5	98100	29	18.0	132-160-180	—	—	157200	185500	66700	284
	315 L4	647	2.2	99100	25	18.0	132-160-180	—	—	163400	192700	69600	284
	315 L4	714	2.0	99800	23	18.0	132-160-180	—	—	168300	198500	71900	284
	315 L4	830	1.7	101000	20	18.0	132-160-180	—	—	176100	207700	75600	284
	315 L4	916	1.5	93100	16.8	18.0	132-160-180	—	—	181400	214000	78100	284
	315 L4	1004	1.4	102400	16.9	18.0	132-160-180	—	—	186400	219900	80500	284
	315 L4	1087	1.3	95500	14.5	18.0	132-160-180	—	—	190900	225200	82700	284
	315 L4	1264	1.1	97600	12.8	18.0	132-160-180	—	—	199800	235600	87000	284
	315 L4	1500	0.93	80000	8.8	18.0	132-160-180	—	—	206000	243000	90000	284
	315 L4	1814	0.77	80000	7.3	18.0	132-160-180	—	—	206000	243000	90000	284
<b>900</b>	315 L2	16.7	54	30100	180	45	—	—	—	62300	73500	23800	284
	315 L2	21.5	42	38600	180	45	—	—	—	67200	79200	25900	284
	315 L2	25.5	35	45800	180	45	—	—	—	70700	83400	27400	284
	315 L2	27.6	33	48500	176	45	—	—	—	72400	85400	28200	284
	315 L2	32.7	27.5	51000	156	45	—	—	—	76200	89900	29800	284
	315 L2	38.8	23.2	52900	137	45	—	—	—	80200	94600	31600	284
	315 L3	57.4	15.7	55600	100	36	180-200-225	—	—	90200	106400	36000	284
	315 L3	68.5	13.1	65500	99	36	180-200-225	—	—	95100	112200	38100	284
	315 L3	87.9	10.2	70600	83	36	180-200-225	—	—	102500	120900	41400	284
	315 L3	104	8.6	74300	74	36	180-200-225	—	—	107900	127300	43900	284
	315 L3	134	6.7	80000	62	36	180-200-225	—	—	116300	137200	47700	284
	315 L3	159	5.7	84300	55	36	180-200-225	—	—	122400	144400	50500	284
	315 L3	172	5.2	78000	47	36	180-200-225	—	—	125300	147800	51800	284
	315 L3	204	4.4	80000	41	36	180-200-225	—	—	131900	155600	54900	284
	315 L3	242	3.7	66500	28	36	180-200-225	—	—	138900	163800	58100	284
	315 L4	291	3.1	96500	35	22	132-160-180	—	—	146800	173200	61800	284
	315 L4	356	2.5	97900	29	22	132-160-180	—	—	155900	183900	66100	284
	315 L4	424	2.1	99200	25	22	132-160-180	—	—	164400	193900	70100	284
	315 L4	469	1.9	100000	23	22	132-160-180	—	—	169400	199800	72400	284
	315 L4	513	1.8	100700	21	22	132-160-180	—	—	174100	205300	74600	284
	315 L4	569	1.6	101400	19.0	22	132-160-180	—	—	179500	211700	77200	284
	315 L4	647	1.4	102400	16.9	22	132-160-180	—	—	186500	220000	80600	284
	315 L4	714	1.3	103200	15.4	22	132-160-180	—	—	192200	226700	83300	284
	315 L4	830	1.1	104400	13.4	22	132-160-180	—	—	201000	237100	87600	284
	315 L4	916	0.98	99000	11.5	22	132-160-180	—	—	206000	243000	90000	284
	315 L4	1004	0.90	105000	11.1	22	132-160-180	—	—	206000	243000	90000	284
	315 L4	1087	0.83	99000	9.7	22	132-160-180	—	—	206000	243000	90000	284
	315 L4	1264	0.71	99000	8.3	22	132-160-180	—	—	206000	243000	90000	284
	315 L4	1500	0.60	80000	5.7	22	132-160-180	—	—	206000	243000	90000	284
	315 L4	1814	0.50	80000	4.7	22	132-160-180	—	—	206000	243000	90000	284
<b>500</b>	315 L2	16.7	29.9	51200	170	75	—	—	—	74300	87700	29000	284
	315 L2	21.5	23.3	55200	143	75	—	—	—	80100	94500	31500	284
	315 L2	25.5	19.6	58100	127	75	—	—	—	84300	99500	33400	284
	315 L2	27.6	18.1	57800	117	75	—	—	—	86400	101900	34300	284
	315 L2	32.7	15.3	60900	104	75	—	—	—	90900	107200	36300	284
	315 L2	38.8	12.9	63200	91	75	—	—	—	95700	112900	38400	284
	315 L3	57.4	8.7	74100	74	60	180-200-225	—	—	107600	126900	43700	284
	315 L3	68.5	7.3	78100	65	60	180-200-225	—	—	113500	133800	46400	284
	315 L3	87.9	5.7	84200	55	60	180-200-225	—	—	122300	144200	50400	284



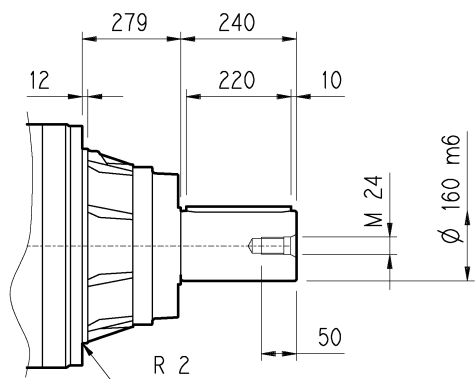
**315 L**

**315 R**

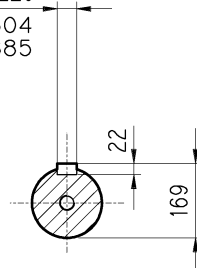
**3/V 15L3**

**3/V 15L4**

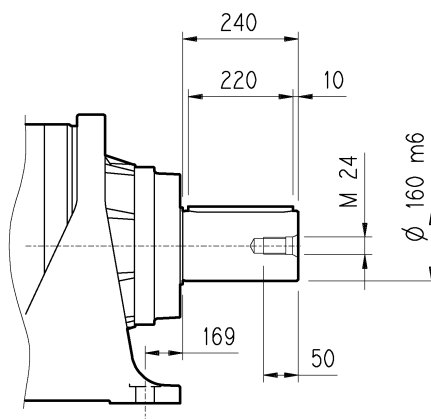
**HC**



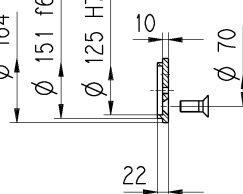
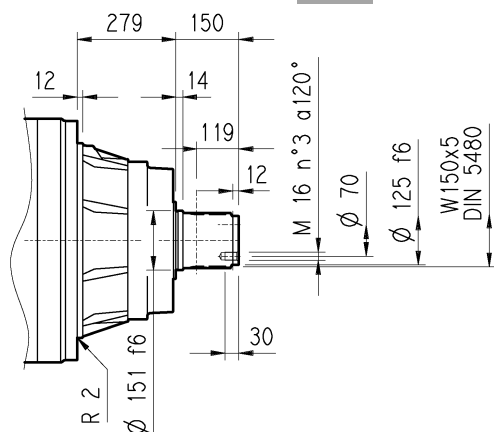
A 40x22x220  
UNI 6604  
DIN 6885



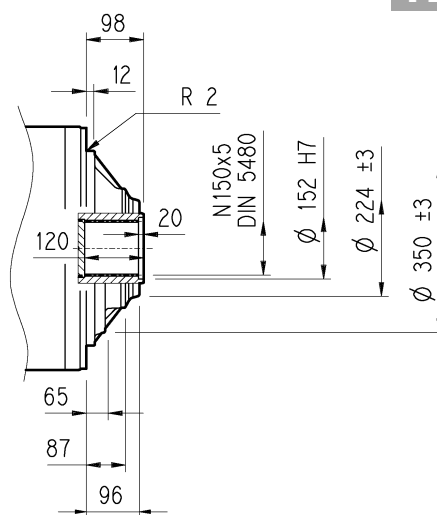
**PC**



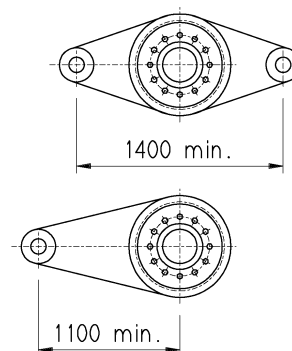
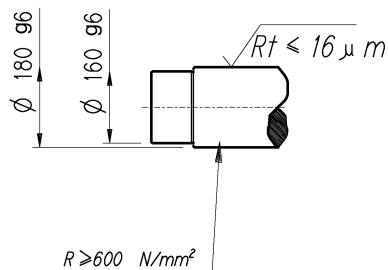
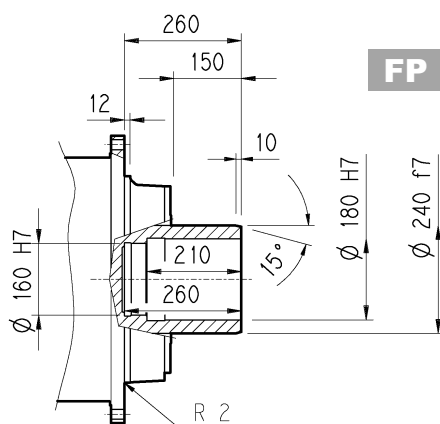
**HZ**



**FZ**

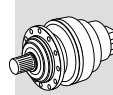


**FP**

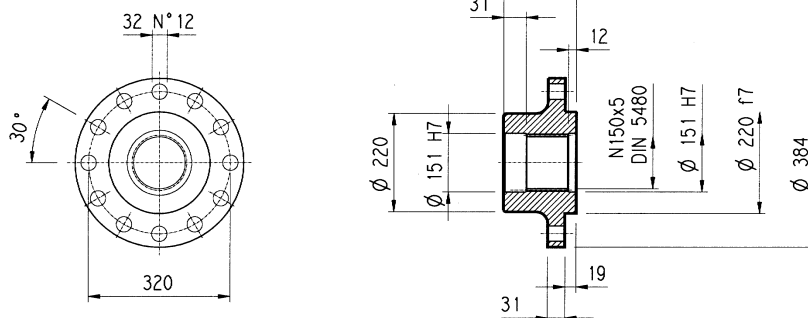
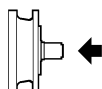


**FP**

**M<sub>2max</sub> = 126 000 Nm**

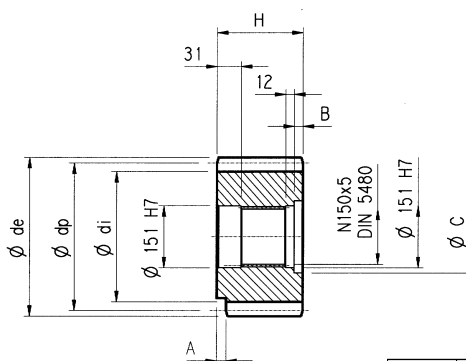
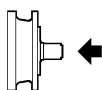
**315 L****315 R****3/V 15L3****3/V 15L4**

**Flangia / Flange**  
**Flansch / Brides**

**W0A**

Materiale : Acciaio C40  
 Material : Steel C40  
 Material : Stahl C40  
 Matière : Acier C40

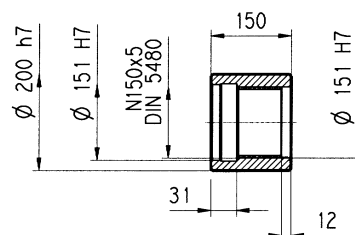
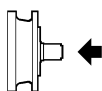
**Pignoni / Pinion gears**  
**Ritzel / Pignons**

**P...**

	m	z	x	dp	di	de	H	A	B	C	☆
PRG1	18	16	0.500	288	261	342	160	0	10	166	■
PRG2	18	16	0.617	288	271	339	150	30	0	0	□

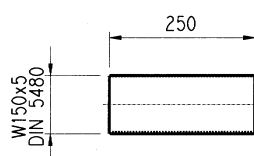
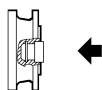
☆	Materiale / Material / Material / Matière
□	Acciaio 39NiCrMo3 Bonificato Steel 39NiCrMo3 hardened and tempered Vergüteter Stahl 39NiCrMo3 Acier bonifiée 39NiCrMo3
■	Acciaio 18NiCrMo5 Cementato e temprato Steel 18NiCrMo5 Case hardened Einsatzstahl 18NiCrMo5 Einsatzgehärtet Acier cémenté et trempé 18NiCrMo5

**Manicotti lisci / Sleeve couplings**  
**Naben / Manchons lisses a cannelure interieure**

**MOA**

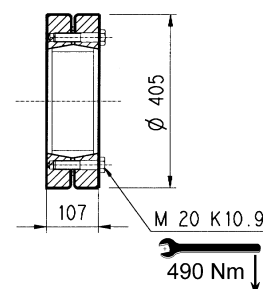
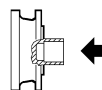
Materiale : Acciaio 16CrNi4  
 Material : Steel 16CrNi4  
 Material : Stahl 16CrNi4  
 Matière : Acier 16CrNi4

**Barre scanalate / Splined bars**  
**Vielkeilwellen / Barre cannelée**

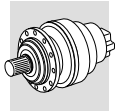
**B0A**

Mat. acciaio 18NiCrMo5 UNI 5331 da cementare e temprare 50-55 HRC  
 Case hardening steel 18NiCrMo5 UNI 5331 must be case hardened 50-55 HRC  
 Material: Einsatzstahl 18NiCrMo5 UNI 5331 muss einsatzgehärtet werden 50-55 HRC  
 Acier 18 NiCrMo5 UNI 5331 doit être cémenté trempé 50-55 HRC

**Giunto ad attrito / Shrink disc**  
**Schrumpfscheibe / Frette de serrage**

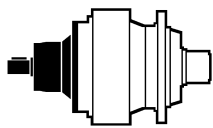
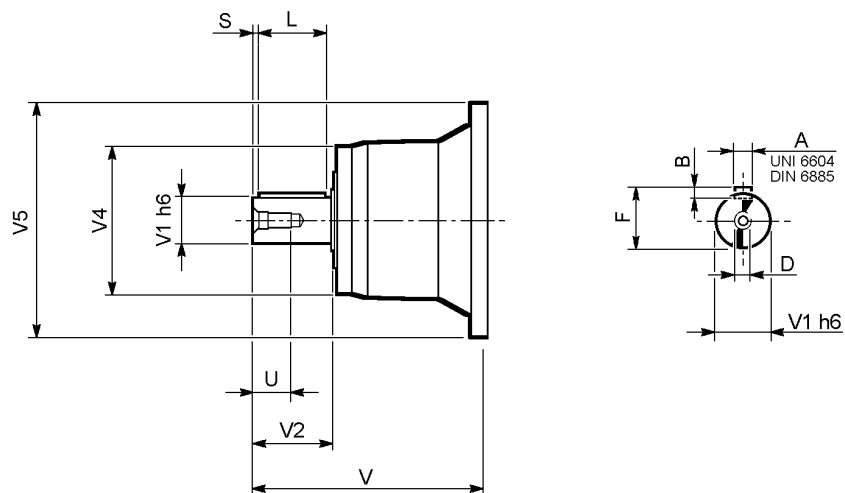
**G0A**





**315 L**

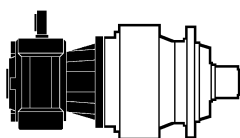
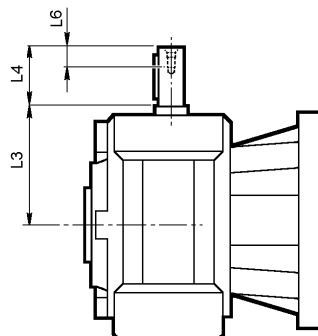
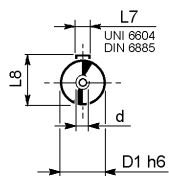
**315 R**



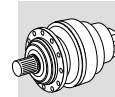
	CODE	V	V1	V2	V4	V5	A	B	F	L	S	D	U
315 L2	V11B	348	80	130	200	418	22	14	85	110	10	M16	36
315 L3	V07B	315	80	130	200	345	22	14	85	110	10	M16	36
	V07A	313	60	105	155	345	18	11	64	90	7.5	M16	36
315 L4	V05B	239	48	82	155	245	14	9	51.5	70	6	M16	36
315 R3 (A) - R4	V05B	239	48	82	155	245	14	9	51.5	70	6	M16	36
315 R3 (B) - (C)	V06B	307	60	105	155	292	18	11	64	90	7.5	M16	36

**3/V 15L3**

**3/V 15L4**



	D1 h6	L3	L4	L6	L7	L8	d
3/V 15L3 HS	48	230	110	40	14	51.5	M16
3/V 15L4 HS	35	185	65	20	10	38	M8

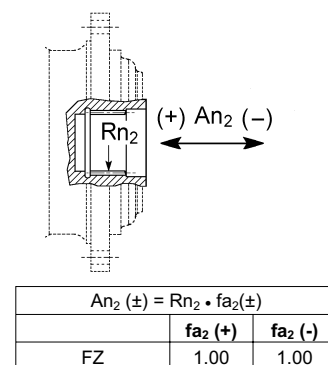
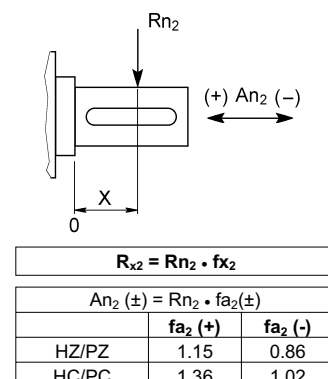
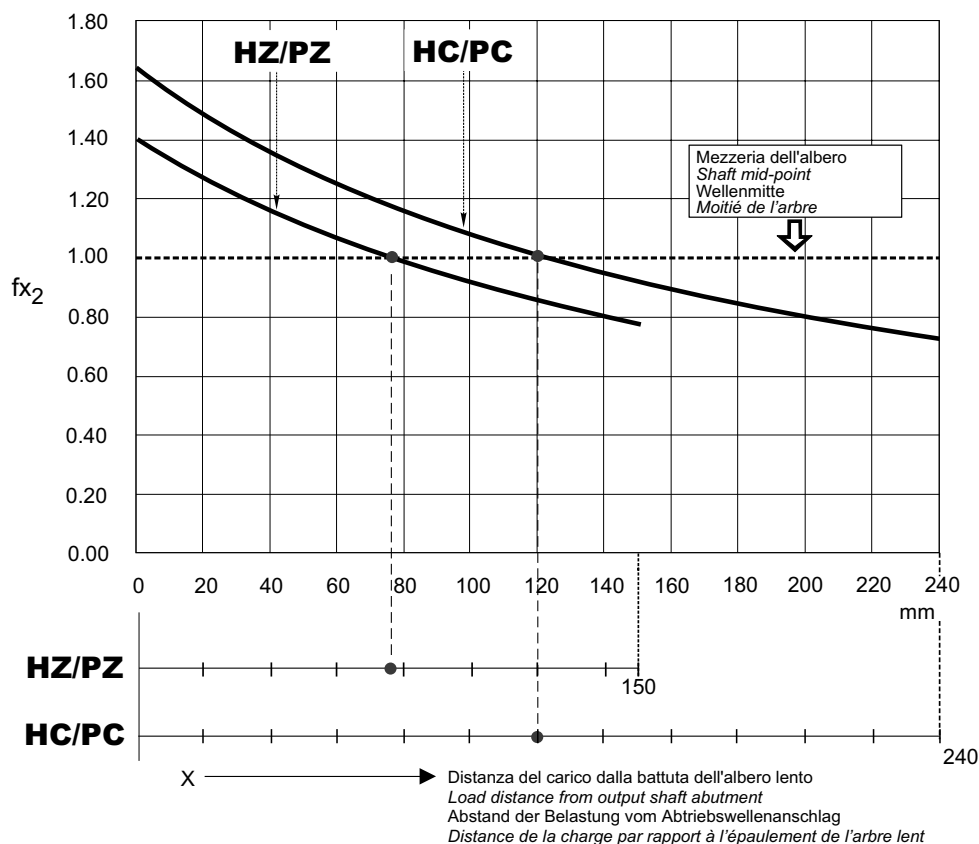


Fattore di posizione per carichi radiali sugli alberi in uscita.

Load location factor for radial loading on output shaft.

Positionsfaktor für Radialkräfte an der Abtriebswelle.

Facteur de position pour charges radiales sur les arbres en sortie.

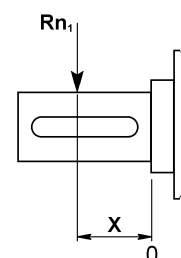
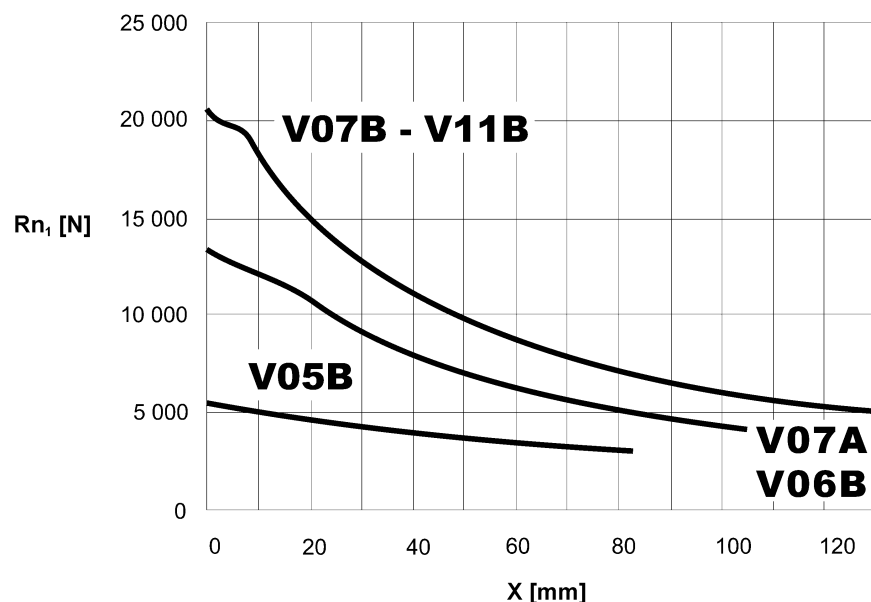


Carichi radiali ammissibili sull'albero veloce per  $n_1 = 1000 \text{ min}^{-1}$  e 10000 h di vita teorica. Per velocità di comando e/o durate diverse vedi il capitolo: Verifiche.

Permitted overhung loads on input shaft when  $n_1 = 1000 \text{ min}^{-1}$  and theoretical lifetime = 10000 h. For drive speed and/or lifetimes other than those specified here, see Chapter: Verifications.

Zulässige Radialkräfte an den Antriebswellen für  $n_1 = 1000 \text{ min}^{-1}$  und 10000 std. Im Hinblick auf Geschwindigkeit und/oder anderweitige Dauern verweisen wir auf Par: Prüfungen



Charges radiales admissibles sur les arbres d'entrée pour  $n_1 = 1000 \text{ min}^{-1}$  et 10000 h. Pour des vitesses et/ou durées différentes, voir par. Vérifications.






4 P

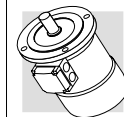
1500 min<sup>-1</sup> - S1

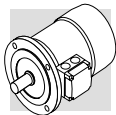
50 Hz

Pn		n	Mn	$\eta$	$\cos \varphi$	In	$\frac{I_s}{I_n}$	$\frac{M_s}{M_n}$	$\frac{M_a}{M_n}$	$J_m \times 10^{-4}$	IM B5
kW		min <sup>-1</sup>	Nm	%		A (400V)				kgm <sup>2</sup>	
0.06	<b>BN 56A</b>	4	1350	0.42	47	0.62	0.30	2.6	2.3	2.0	3.1
0.09	<b>BN 56B</b>	4	1350	0.64	52	0.62	0.40	2.6	2.5	2.4	3.1
0.12	<b>BN 63A</b>	4	1310	0.88	51	0.68	0.50	2.6	1.9	1.8	3.5
0.18	<b>BN 63B</b>	4	1320	1.30	53	0.68	0.72	2.6	2.2	2.0	3.9
0.25	<b>BN 63C</b>	4	1320	1.81	60	0.69	0.87	2.7	2.1	1.9	5.1
0.25	<b>BN 71A</b>	4	1375	1.74	62	0.77	0.76	3.3	1.9	1.7	5.1
0.37	<b>BN 71B</b>	4	1370	2.6	65	0.77	1.07	3.7	2.0	1.9	5.9
0.55	<b>BN 71C</b>	4	1380	3.8	69	0.74	1.55	4.1	2.3	2.3	7.3
0.55	<b>BN 80A</b>	4	1390	3.8	72	0.77	1.43	4.1	2.3	2.0	8.2
0.75	<b>BN 80B</b>	4	1400	5.1	75	0.78	1.85	4.9	2.7	2.5	9.9
1.1	<b>BN 80C</b>	4	1400	7.5	75	0.79	2.68	5.1	2.8	2.5	11.3
1.1	<b>BN 90S</b>	4	1400	7.5	73	0.77	2.82	4.6	2.6	2.2	12.2
1.5	<b>BN 90LA</b>	4	1410	10.2	77	0.77	3.7	5.3	2.8	2.4	13.6
1.85	<b>BN 90LB</b>	4	1400	12.6	77	0.78	4.4	5.2	2.8	2.6	15.1
2.2	<b>BN 100LA</b>	4	1410	14.9	78	0.76	5.4	4.5	2.2	2.0	18.3
3	<b>BN 100LB</b>	4	1410	20	80	0.78	6.9	5	2.3	2.2	22
4	<b>BN 112M</b>	4	1420	27	83	0.78	8.9	5.6	2.7	2.5	30
5.5	<b>BN 132S</b>	4	1440	36	84	0.80	11.8	5.5	2.3	2.2	44
7.5	<b>BN 132MA</b>	4	1440	50	85	0.81	15.7	5.7	2.5	2.4	53
9.2	<b>BN 132MB</b>	4	1440	61	86	0.81	19.1	5.9	2.7	2.5	59
11	<b>BN 160MR</b>	4	1440	73	87	0.82	22.3	5.9	2.7	2.5	70
15	<b>BN 160L</b>	4	1460	98	89	0.82	29.7	5.9	2.3	2.1	99
18.5	<b>BN 180M</b>	4	1460	121	89	0.81	37.0	6.2	2.6	2.5	115
22	<b>BN 180L</b>	4	1465	143	89	0.82	45	6.5	2.5	2.5	135
30	<b>BN 200L</b>	4	1465	196	90	0.83	58	7.1	2.7	2.8	1650

freno c.c. / d.c. brake G.S.-bremse / frein c.c.					
FD					
Mod	Mb	Z <sub>o</sub>		Jm	IM B5
	Nm	1/h		x 10 <sup>-4</sup>	
		NB	SB	Kgm <sup>2</sup>	
<b>FD 02</b>	1.75	10000	13000	2.6	5.2
<b>FD 02</b>	3.5	10000	13000	3.0	5.6
<b>FD 02</b>	3.5	7800	10000	3.9	6.8
<b>FD 03</b>	3.5	7700	11000	6.9	7.8
<b>FD 03</b>	5.0	6000	9400	8.0	8.6
<b>FD 53</b>	7.5	4300	8700	10.2	10
<b>FD 04</b>	10	4100	8000	16.6	12.1
<b>FD 04</b>	15	4100	7800	22	13.8
<b>FD 04</b>	15	2600	5300	27	15.2
<b>FD 14</b>	15	4800	8000	23	16.4
<b>FD 05</b>	26	3400	6000	32	19.6
<b>FD 05</b>	26	3200	5900	34	21.1
<b>FD 15</b>	40	2600	4700	44	25
<b>FD 15</b>	40	2400	4400	58	28
<b>FD 06S</b>	60	—	1400	107	40
<b>FD 56</b>	75	—	1050	223	57
<b>FD 06</b>	100	—	950	280	66
<b>FD 07</b>	150	—	900	342	75
<b>FD 07</b>	150	—	850	382	86
<b>FD 08</b>	200	—	750	725	129
<b>FD 08</b>	250	—	700	865	145
<b>FD 09</b>	300	—	400	1450	175
<b>FD 09</b>	400	—	300	1850	197

freno c.a. / a.c. brake W.S.-bremse / frein c.a.									
FA					BA				
Mod.	Mb	Z <sub>o</sub>	Jm	IM B5	Mod.	Mb	Z <sub>o</sub>	Jm	IM B5
	Nm	1/h	x 10 <sup>-4</sup>			max	1/h	x 10 <sup>-4</sup>	
			kgm <sup>2</sup>			Nm		kgm <sup>2</sup>	
<b>FA 02</b>	1.75	13000	2.6	5.0	<b>BA 60</b>	5	9000	4.0	5.8
<b>FA 02</b>	3.5	13000	3.0	5.4	<b>BA 60</b>	5	9000	4.3	6.2
<b>FA 02</b>	3.5	10000	3.9	6.6	<b>BA 60</b>	5	8500	5.3	7.4
<b>FA 03</b>	3.5	11000	6.9	7.5	<b>BA 70</b>	8	9700	7.8	9.0
<b>FA 03</b>	5.0	9400	8.0	8.3	<b>BA 70</b>	8	8500	8.9	9.8
<b>FA 03</b>	7.5	8700	10.2	9.7	<b>BA 70</b>	8	8000	11.1	11.2
<b>FA 04</b>	10	8000	16.6	12.0	<b>BA 80</b>	18	7400	18	13.5
<b>FA 04</b>	15	7800	22	13.7	<b>BA 80</b>	18	7400	23	15.2
<b>FA 04</b>	15	5300	27	15.1	<b>BA 80</b>	18	5100	28	16.6
<b>FA 14</b>	15	8000	23	16.3	<b>BA 90</b>	35	6500	28	19.5
<b>FA 05</b>	26	6000	32	20.3	<b>BA 90</b>	35	5400	35	21
<b>FA 05</b>	26	5900	34	21.8	<b>BA 90</b>	35	5400	37	22.5
<b>FA 15</b>	40	4700	44	25	<b>BA 100</b>	50	4000	52	29
<b>FA 15</b>	40	4400	58	29	<b>BA 100</b>	50	3800	66	32
<b>FA 06S</b>	60	2100	107	42	<b>BA 110</b>	75	2000	114	43
<b>FA 06</b>	75	1200	223	58	<b>BA 140</b>	150	1200	263	76
<b>FA 07</b>	100	1000	280	71	<b>BA 140</b>	150	1000	320	85
<b>FA 07</b>	150	900	342	77	<b>BA 140</b>	150	900	369	91
<b>FA 07</b>	150	850	382	88					
<b>FA 08</b>	200	750	710	128					
<b>FA 08</b>	250	700	850	144					





M12 - DIMENSIONI MOTORI

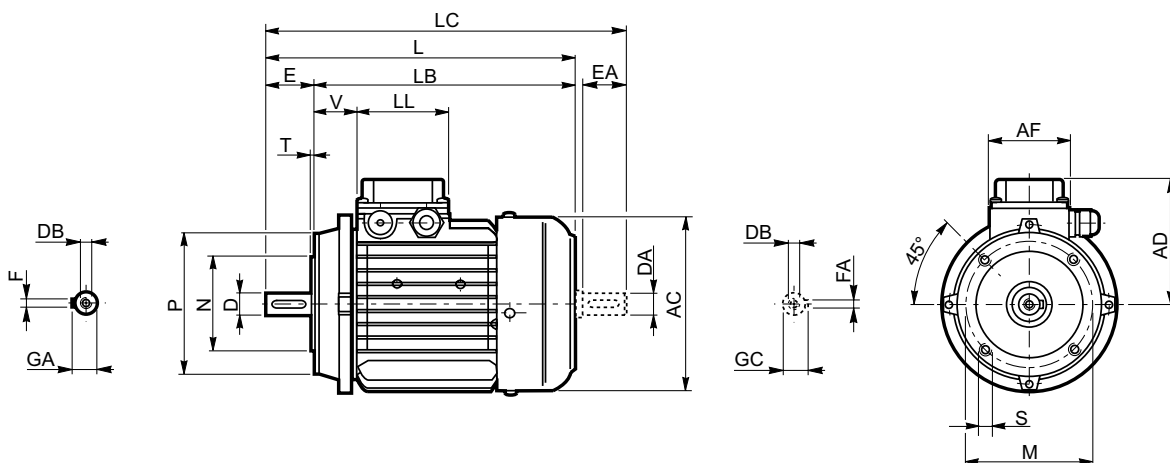
M12 - MOTORS DIMENSIONS

M12 - MOTORENABMESSUN-  
GEN

M12 - DIMENSIONS  
MOTEURS

**BN**

**IM B14**



	Albero / Shaft / Welle / Arbre					Flangia / Flange / Flansch / Bride					Motore / Motor / Motor / Moteur							
	D DA	E EA	DB	GA GC	F FA	M	N	P	S	T	AC	L	LB	LC	AD	AF	LL	V
<b>BN 56</b>	9	20	M3	10.2	3	65	50	80	M5	2.5	110	185	165	207	91	74	80	34
<b>BN 63</b>	11	23	M4	12.5	4	75	60	90	M5	2.5	121	207	184	232	95	74	80	26
<b>BN 71</b>	14	30	M5	16	5	85	70	105	M6	2.5	138	249	219	281	108	74	80	37
<b>BN 80</b>	19	40	M6	21.5	6	100	80	120	M6	3	156	274	234	315	119	74	80	38
<b>BN 90 S</b>	24	50	M8	27	8	115	95	140	M8	3	176	326	276	378	133	98	98	44
<b>BN 90 L</b>	24	50	M8	27	8	115	95	140	M8	3	176	326	276	378	133	98	98	44
<b>BN 100</b>	28	60	M10	31	8	130	110	160	M8	3.5	195	366	306	429	142	98	98	50
<b>BN 112</b>	28	60	M10	31	8	130	110	160	M8	3.5	219	385	325	448	157	98	98	52
<b>BN 132 S</b>	38	80	M12	41	10	165	130	200	M10	4	258	455	375	538	193	118	118	58
<b>BN 132 M</b>	38	80	M12	41	10	165	130	200	M10	4	258	493	413	576	193	118	118	58

N.B.:

1) Queste dimensioni sono riferite alla seconda estremità d'albero.

NOTE:

1) These values refer to the rear shaft end.

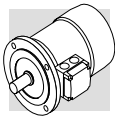
HINWEIS:

1) Diese Maße betreffen das zweite Wellenende.

REMARQUE :

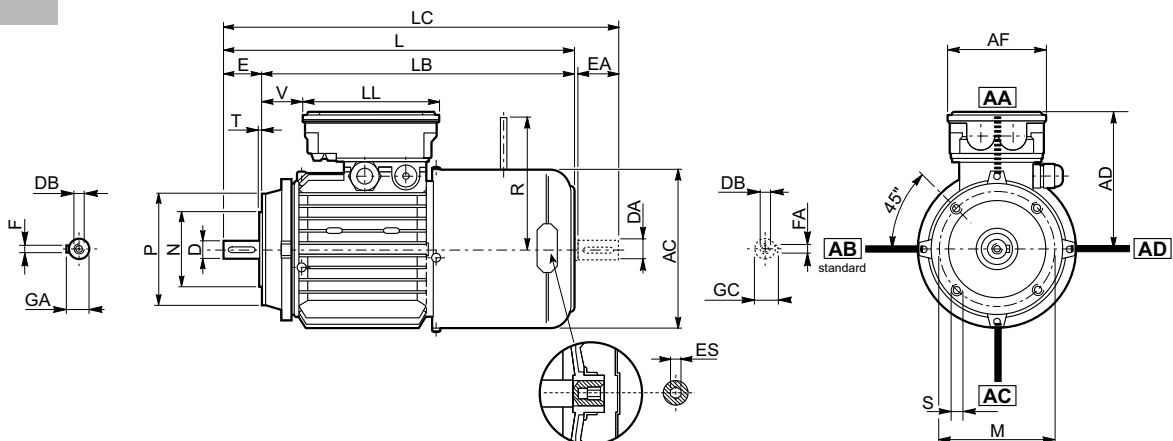
1) Ces dimensions se réfèrent à la deuxième extrémité de l'arbre.





**BN\_FD**

**IM B14**



	Albero / Shaft / Welle / Arbre					Flangia / Flange / Flansch / Bride					Motore / Motor / Motor / Moteur									
	D DA	E EA	DB	GA GC	F FA	M	N	P	S	T	AC	L	LB	LC	AD	AF	LL	V	R	ES
<b>BN 63</b>	11	23	M4	12.5	4	75	60	90	M5	2.5	121	272	249	297	119	98	133	14	96	5
<b>BN 71</b>	14	30	M5	16	5	85	70	105	M6	2.5	138	310	280	342	132	98	133	30	103	5
<b>BN 80</b>	19	40	M6	21.5	6	100	80	120	M6	3	156	346	306	388	143	98	133	41	129	5
<b>BN 90 S</b>	24	50	M8	27	8	115	95	140	M8	3	176	409	359	461	146	110	165	39	129	6
<b>BN 90 L</b>	24	50	M8	27	8	115	95	140	M8	3	176	409	359	461	146	110	165	39	160	6
<b>BN 100</b>	28	60	M10	31	8	130	110	160	M8	3.5	195	458	398	521	155	110	165	62	160	6
<b>BN 112</b>	28	60	M10	31	8	130	110	160	M8	3.5	219	484	424	547	170	110	165	73	199	6
<b>BN 132 S</b>	38	80	M12	41	10	165	130	200	M10	4	258	565	485	648	193	118	118	142	204 (2)	6
<b>BN 132 M</b>	38	80	M12	41	10	165	130	200	M10	4	258	603	523	686	193	118	118	180	204 (2)	6

N.B.:

1) Queste dimensioni sono riferite alla seconda estremità d'albero.

2) Per freno FD07 quota R=226.

NOTE:

1) These values refer to the rear shaft end.

2) For FD07 brake value R=226.

HINWEIS:

1) Diese Maße betreffen das zweite Wellenende.

2) Für Bremse FD07, Maß R=226.

REMARQUE :

1) Ces dimensions se réfèrent à la deuxième extrémité de l'arbre.

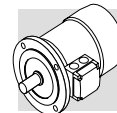
2) Pour frein FD07 valeur R=226.

L'esagono ES non è presente con l'opzione PS.

ES hexagon is not supplied with PS option.

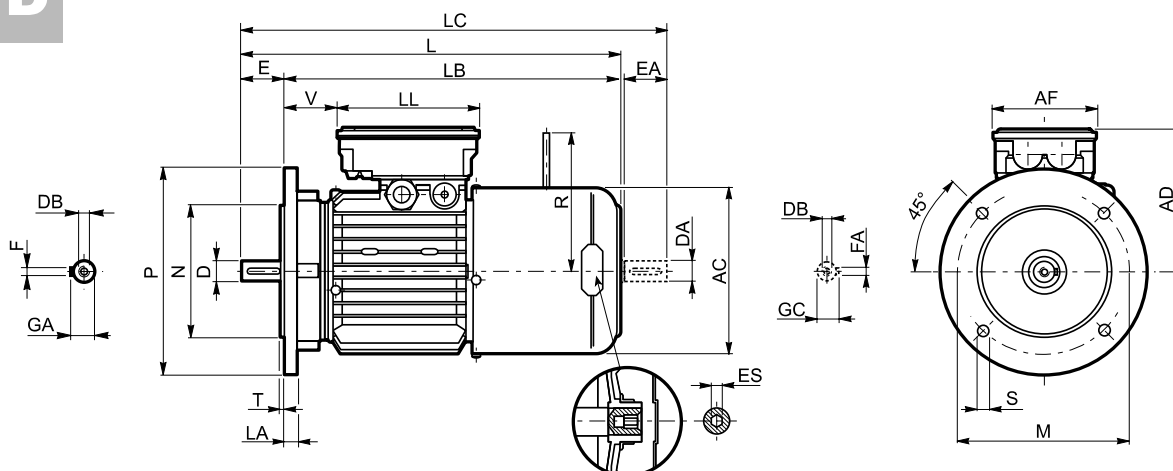
Der Sechskant ES ist bei der Option PS nicht vorhanden.

L'hexagone ES n'est pas disponible avec l'option PS.



**BN\_FD**

**IM B5**



	Albero / Shaft / Welle / Arbte					Flangia / Flange / Flansch / Bride						Motore / Motor / Motor / Moteur									
	D DA	E EA	DB	GA GC	F FA	M	N	P	S	T	LA	AC	L	LB	LC	AD	AF	LL	V	R	ES
<b>BN 63</b>	11	23	M4	12.5	4	115	95	140	9.5	3	10	121	272	249	297	119	98	133	14	96	5
<b>BN 71</b>	14	30	M5	16	5	130	110	160	9.5	3.5	10	138	310	280	342	132	98	133	30	103	5
<b>BN 80</b>	19	40	M6	21.5	6	165	130	200	11.5	3.5	11.5	156	346	306	388	143	98	133	41	129	5
<b>BN 90 S</b>	24	50	M8	27	8	165	130	200	11.5	3.5	11.5	176	409	359	461	146	110	165	39	129	6
<b>BN 90 L</b>	24	50	M8	27	8	165	130	200	11.5	3.5	11.5	176	409	359	461	146	110	165	39	160	6
<b>BN 100</b>	28	60	M10	31	8	215	180	250	14	4	14	195	458	398	521	155	110	165	62	160	6
<b>BN 112</b>	28	60	M10	31	8	215	180	250	14	4	15	219	484	424	547	170	110	165	73	199	6
<b>BN 132 S</b>	38	80	M12	41	10	265	230	300	14	4	16	258	565	485	648	193	118	118	142	204 (2)	6
<b>BN 132 M</b>	38	80	M12	41	10	265	230	300	14	4	16	258	603	523	686	193	118	118	180	204 (2)	6
<b>BN 160 MR</b>	42 38 (1)	110 80 (1)	M16 M12 (1)	45 41 (1)	12 10 (1)	300	250	350	18.5	5	15	258	672	562	755	193	118	118	218	226	6
<b>BN 160 M</b>	42 38 (1)	110 80 (1)	M16 M12 (1)	45 41 (1)	12 10 (1)	300	250	350	18.5	5	15	310	736	626	820	245	187	187	51	266	
<b>BN 160 L</b>	42 38 (1)	110 80 (1)	M16 M12 (1)	45 41 (1)	12 10 (1)	300	250	350	18.5	5	15	310	736	626	820	245	187	187	51	266	
<b>BN 180 M</b>	48 38 (1)	110 110 (1)	M16 M12 (1)	51.5 41 (1)	14 10 (1)	300	250	350	18.5	5	15	310	780	670	864	245	187	187	51	266	
<b>BN 180 L</b>	48 42 (1)	110 110 (1)	M16 M16 (1)	51.5 45 (1)	14 12 (1)	300	250	350	18.5	5	18	348	866	756	981	261	187	187	52	305	
<b>BN 200 L</b>	55 42 (1)	110 110 (1)	M20 M16 (1)	59 45 (1)	16 12 (1)	350	300	400	18.5	5	18	348	878	768	993	261	187	187	64	305	

N.B.:

1) Queste dimensioni sono riferite alla seconda estremità d'albero.

2) Per freno FD07 quota R=226.

NOTE:

1) These values refer to the rear shaft end.

2) For FD07 brake value R=226.

HINWEIS:

1) Diese Maße betreffen das zweite Wellenende.

2) Für Bremse FD07, Maß R=226.

REMARQUE :

1) Ces dimensions se réfèrent à la deuxième extrémité de l'arbre.

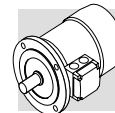
2) Pour frein FD07 valeur R=226.

L'esagono ES non è presente con l'opzione PS.

ES hexagon is not supplied with PS option.

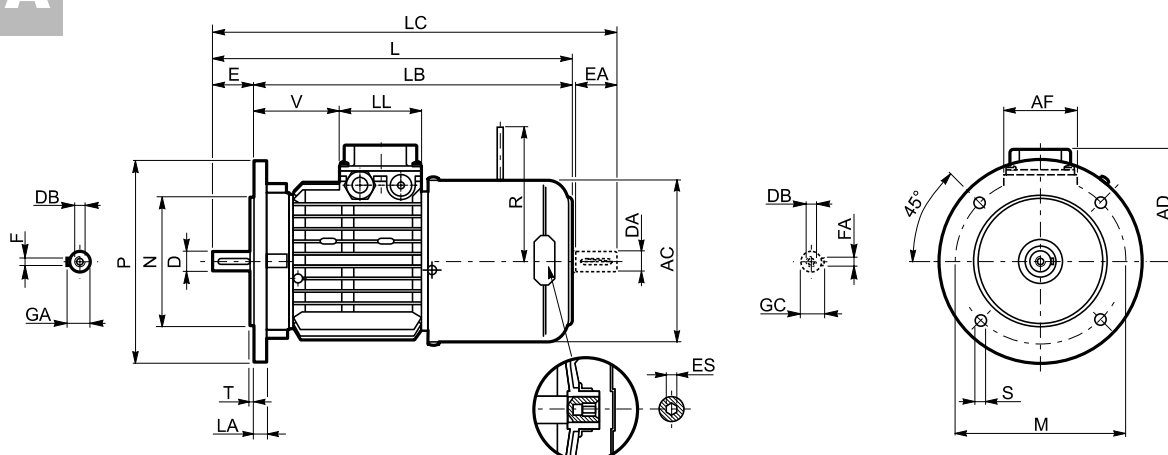
Der Sechskant ES ist bei der Option PS nicht vorhanden.

L'hexagone ES n'est pas disponible avec l'option PS.



# BN\_FA

## IM B5



	Albero / Shaft / Welle / Arbre					Flangia / Flange / Flansch / Bride						Motore / Motor / Motor / Moteur									
	D DA	E EA	DB	GA GC	F FA	M	N	P	S	T	LA	AC	L	LB	LC	AD	AF	LL	V	R	ES
BN 63	11	23	M4	12.5	4	115	95	140	9.5	3	10	121	272	249	297	95	74	80	26	116	5
BN 71	14	30	M5	16	5	130	110	160	9.5	3.5	10	138	310	280	342	108	74	80	68	124	5
BN 80	19	40	M6	21.5	6	165	130	200	11.5	3.5	11.5	156	346	306	388	119	74	80	83	134	5
BN 90 S	24	50	M8	27	8	165	130	200	11.5	3.5	11.5	176	409	359	461	133	98	98	95	134	6
BN 90 L	24	50	M8	27	8	165	130	200	11.5	3.5	11.5	176	409	359	461	133	98	98	95	160	6
BN 100	28	60	M10	31	8	215	180	250	14	4	14	195	458	398	521	142	98	98	119	160	6
BN 112	28	60	M10	31	8	215	180	250	14	4	15	219	484	424	547	157	98	98	128	198	6
BN 132 S	38	80	M12	41	10	265	230	300	14	4	16	258	565	485	648	193	118	118	142	200 (2)	6
BN 132 M	38	80	M12	41	10	265	230	300	14	4	16	258	603	523	686	193	118	118	180	200 (2)	6
BN 160 MR	42 38 (1)	110 80 (1)	M16 M12 (1)	45 41 (1)	12 10 (1)	300	250	350	18.5	5	15	258	672	562	755	193	118	118	218	217	6
BN 160 M	42 38 (1)	110 80 (1)	M16 M12 (1)	45 41 (1)	12 10 (1)	300	250	350	18.5	5	15	310	736	626	820	245	187	187	51	247	—
BN 160 L	42 38 (1)	110 80 (1)	M16 M12 (1)	45 41 (1)	12 10 (1)	300	250	350	18.5	5	15	310	736	626	820	245	187	187	51	247	—
BN 180 M	48 38 (1)	110 80 (1)	M16 M12 (1)	51.5 41 (1)	14 10 (1)	300	250	350	18.5	5	15	310	780	670	864	245	187	187	51	247	—

N.B.:

1) Queste dimensioni sono riferite alla seconda estremità d'albero.

2) Per freno FD07 quota R=226.

NOTE:

1) These values refer to the rear shaft end.

2) For FD07 brake value R=226.

HINWEIS:

1) Diese Maße betreffen das zweite Wellenende.

2) Für Bremse FD07, Maß R=226.

REMARQUE :

1) Ces dimensions se réfèrent à la deuxième extrémité de l'arbre.

2) Pour frein FD07 valeur R=226.

Per la versione BN..FA le dimensioni della scatola morsettieria AD, AF, LL, V sono uguali al tipo BN..FD.

For motors type BN..FA, the terminal box sizes AD, AF, LL, V are the same as for BN..FD.

Bei der Motor typ BN..FA sind die Maße des Klemmenkastens AD, AF, LL, V denen der Version BN..FD gleich.

Pour moteurs type BN..FA les dimensions de la boîte à bornes AD, AF, LL, V sont les mêmes de BN..FD.

L'esagono ES non è presente con l'opzione PS.

ES hexagon is not supplied with PS option.

Der Sechskant ES ist bei der Option PS nicht vorhanden.

L'hexagone ES n'est pas disponible avec l'option PS.



**Aviso responsabilidad UC****AVISO:**

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.”